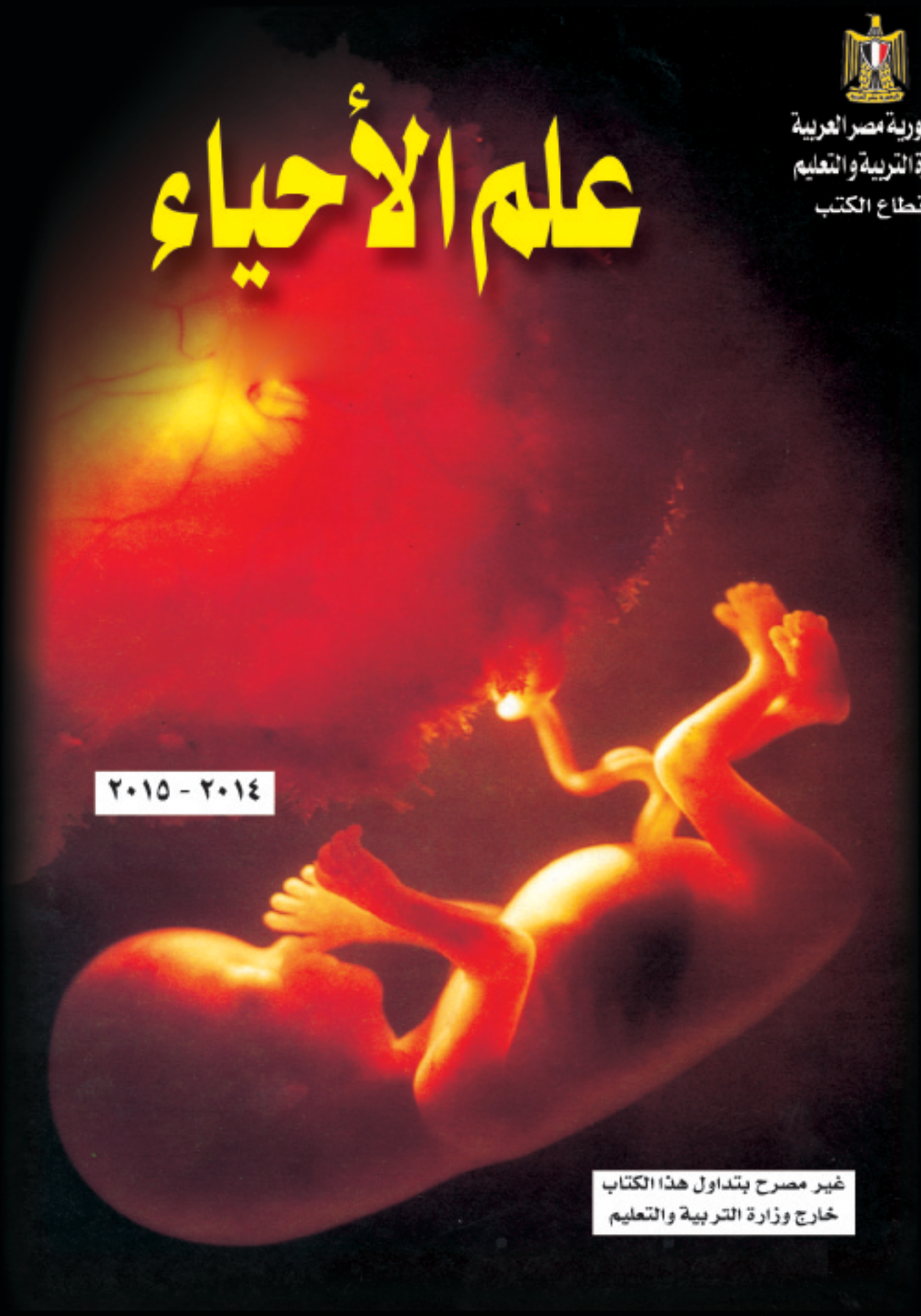
جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

علم الأحياء



٢٠١٤ - ٢٠١٥

غير مصرح بتداول هذا الكتاب
خارج وزارة التربية والتعليم

جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

علم الأحياء

للصف الثالث الثانوى

إعـــداد

أ. حسن السيد الهراس أ.د.أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ.أحمد محفوظ كامل أ.د.محمد عبدالحميد شاهين
أ.عبدالمنعم عبدالحميد الطنانى أ.على حسن عبدالله

مراجعة
أ.د.فاطمة محمد مظهر

أشراف عملى
مستشار العلوم
إشراف تربوى وتعديل ومراجعة
مركز تطوير المناهج والمواد التعليم

٢٠١٤-٢٠١٥

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم

تقديم

انطلاقا من النهضة التعليمية التى تمر بها مصر فى الوقت الحالى، والمحاولة الجادة والمخلصة لتطوير التعليم بجميع مراحله، وبخاصة تطوير نظام الثانوية العامة بهدف التخفيف عن كاهل ابنائنا وبناتنا، وبهدف التركيز على الكيف فى التعليم وليس على الكم والاهتمام بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار، بدلا من الحفظ والاستظهار..

فقد تفضل الأستاذ الدكتور/ وزير التربية والتعليم بإعطاء توجيهاته لتطوير كتاب الأحياء ليفى بتحقيق أهداف مادة الأحياء دون تكرار أو تزييد فى تفاصيل غير جوهرية.

وقد كلف الأستاذ الدكتور وزير التربية والتعليم بتشكيل فريق عمل من أساتذة الجامعات لإنجاز هذه المهمة، وذلك بالتنسيق والتعاون مع موجهى وخبراء من الوزارة ومن الميدان، وبمشاركة بعض مؤلفى الكتاب.

وهكذا يظهر كتاب الأحياء للمرحلة الأولى أو الثانية من الثانوية العامة النظام الجديد فى شكله المطور، والذى نتمنى أن يساعد الطلاب والطالبات على استيعاب محتواه، ويحقق لهم النجاح والتفوق.

وقد قام المركز الاستكشافى للعلوم بالتجهيزات الفنية والإخراج الفنى لهذا الكتاب طبقاً للمواصفات العالمية للكتب الدراسية المطورة. مع مراعاة ألا يزيد عدد الأسطر فى الصفحة الواحدة عن ٢٤ سطر لإراحة العين، والإكثار من الصور المعبرة عن المادة العلمية، واستخدام كود ألوان لتحديد المفاهيم الهامة والتطبيقات المختلفة والأمثلة المحلولة، والاهتمام بتصميم الغلاف كعامل جذب للطالب.

ونتمنى أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة النجاح لأبنائنا..

والله ولى التوفيق

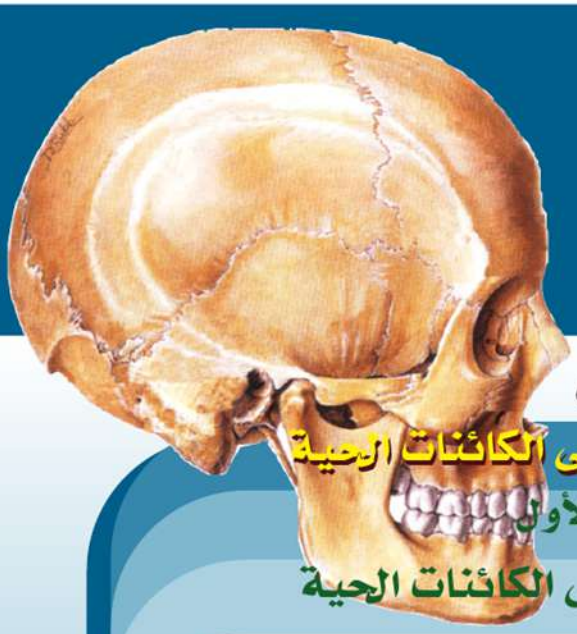
لجنة التطوير

صفحة بيضاء

محتوى الكتاب

	الموضوع	الصفحة
الباب الأول	■ التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية	
	الفصل الأول: الدعامة والحركة	١١
	الفصل الثانى: التكاثر	٢٦
الباب الثانى	■ الوراثة فى الكائنات الحية	
	الفصل الأول: علم الوراثة	٦٥
	الفصل الثانى: تداخل فعل الجينات	٧٩
	الفصل الثالث: تحديد الجنس فى الكائنات الحية	٩٦
الباب الثالث	■ البيولوجيا الجزيئية	
	الفصل الأول: الحمض النووى DNA	١١١
	الفصل الثانى: الأحماض النووية وتخليق البروتين	١٣١

صفحة بيضاء



الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الأول

الدعامة والحركة فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـــادر على أن:

- يتعرف مفهوم الحركة فى الكائنات الحية .
- يتعرف مفهوم الدعامة فى الكائنات الحية.
- يفسر سبب التفاف المحاليق حول الدعامة .
- يفرق بين الشد فى المحاليق وفى جذور الكورمات والابصال .
- يذكر وظائف الجهاز العضلى فى الانسان .
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة .
- يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاث «الهيكلى والعصبى والعضلى».
- يتعرف الوحدة الحركية التى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب اجهاد العضلة .
- يكتسب مهارة :

أ - التعبير بالرسم مثل الفقرة العظمية .

ب - الفحص المجهري لحركة السيتوبلازم فى خلايا ورقة نبات الالوديا.

جـ - الربط بين التركيب والوظيفة فى الهيكل العظمى والجهاز العضلى .

الدعامة فى النبات

يحتوى النبات على وسائل وأجهزة دعامية تدعمه وتحافظ على شكله وتقيه وقد تكون وسيلة هذه الدعامة فسيولوجية تتناول الخلية نفسها ككل أو تكون الوسيلة التركيبية بأن تترسب على جدر الخلية أو فى أجزاء منها مواد صلبة قوية كالسليلوز واللجنين. وقد تتجاوز ذلك لتشمل موقع انتشارها.

أ - الدعامة الفسيولوجية

إذا وضعت بعض ثمار الفاكهة المنكمشة أو الضامرة فى الماء فإنك تلاحظ بعد فترة أنها قد امتصت الماء وكبرت فى الحجم.

وبالعكس اذا أخذت بعض البذور الغضة كالبسلة أو الفول وتركتها مدة فانها لا تلبث أن تنكمش وتضمر ويزول انتفاخها نتيجة لفقد خلاياها للماء وبالتالى يزيل عنها انتفاخها وتوترها.

ويقال للخلية أنها قد انتفخت إذا دخل فيها الماء بالخاصية الأسموزية ليصل إلى فجوتها العصارية • فيزيد حجمه وبالتالى يزيد ضغطه • فيضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار• الذى يتمدد نتيجة لزيادة الضغط عليه . وكذلك ذبول سوق وأوراق النباتات العشبية عندما تعانى من جفاف التربة الشديد فترتخى • فإذا ما رويت التربة استعادت استقامتها نتيجة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية.

ب- الدعامة التركيبية :

يلجأ النبات إلى وسائل أخرى كثيرة لدعمه منها أن يرسب بعض المواد فى جدر خلاياه فلكى تتحمل خلايا النباتات الخارجية مسئولية الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية والحيلولة دون فقد الماء من خلالها فإنه قد يزيد من سمك جدر خلايا البشرة وبخاصة الخارجية منها أو يرسب عليها مادة الكيوتين غير المنفذة للماء أو يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا فلينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السيوبرين . و قد يرسب فى جدر خلاياه أو فى أجزاء منها مادة السليلوز أو اللجنين ليكسبها صلابة وقوة مثل الخلايا الكولنشيمية وكذلك الاسكلرنشيمية مثل (الألياف والخلايا الحجرية) كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.

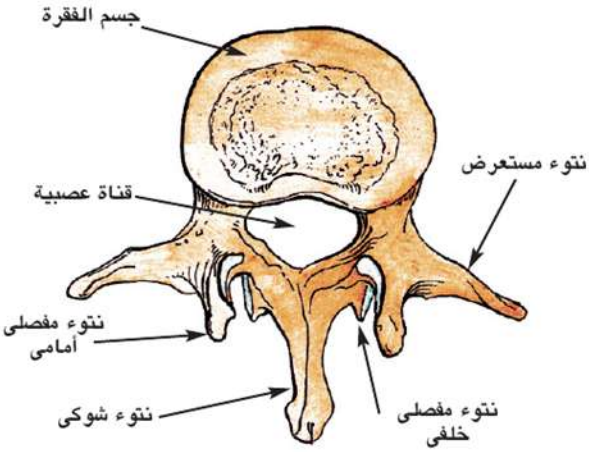
الجهاز الهيكلى فى الإنسان

يتكون الهيكل العظمى فى الإنسان من محور يعرف بالعمود الفقرى يتصل طرفه العلوى بالجمجمة. كما يتصل به فى منطقة الصدر القفص الصدرى والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف. أما الطرفان السفليان فيتصلان بالعمود الفقرى من أسفل بواسطة عظام الحوض، ويطلق على العمود الفقرى وعظام الجمجمة والقفص الصدرى «الهيكل المحورى» أما الأطراف الأربعة فيطلق عليها «الهيكل الطرفى».

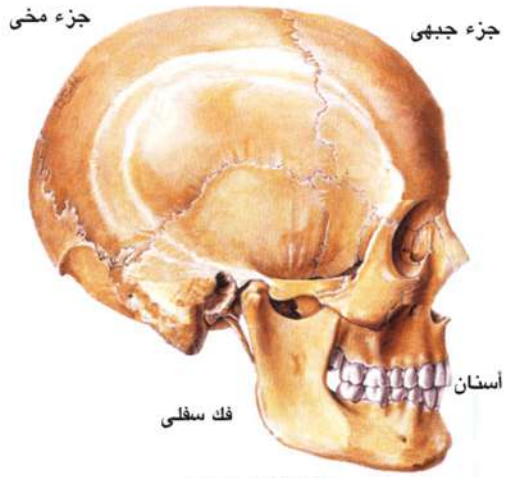
العمود الفقرى: يتكون من ٣٣ فقرة تختلف فى الشكل تبعا لمنطقة وجودها وهى عبارة عن ٧ فقرات عنقية (حجمها متوسط)، ١٢ فقرة ظهرية (أكبر حجما من سابقتها)، ٥ فقرات قطنية (أكبرها جميعا وتوجد فى منطقة البطن) ٥ فقرات عجزية (عريضة ومفلطحة وملتحمة معا)، ٤ فقرات عصعصية (صغيرة الحجم وملتحمة معا) (شكل ١).

شكل (١) العمود الفقرى

وتتكون الفقرة من جزء أمامى سميك «جسم الفقرة» يتصل به من الجانبين زائدتان عظميتان، «النتوءان المستعرضان» كما يتصل به من الخلف حلقة عظمية «الحلقة الشوكية» وتحمل زائدة خلفية مائلة إلى أسفل تعرف (بالنتوء الشوكى) (شكل ٢).



شكل (٢) الفقرة العظمية

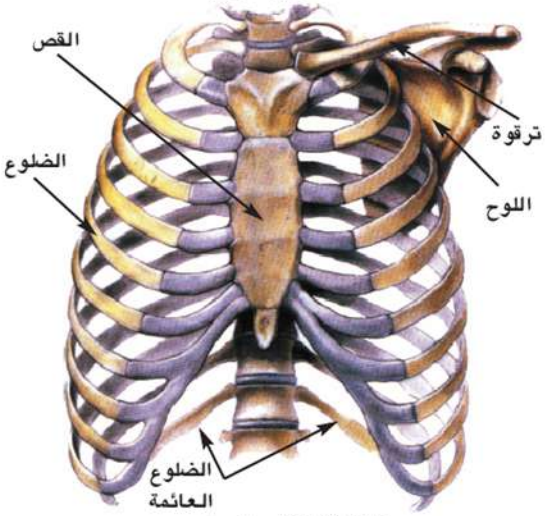


شكل (٣) الجمجمة

الجمجمة: علبة عظمية تتكون من:

١- جزء خلفى (الجزء المخى) يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة اتصالات متينة، والجزء المخى بمؤخرته ثقب كبير من خلاله يتصل المخ بالحبل الشوكى (شكل ٣).

٢- جزء أمامى (الجزء الوجهى) ويشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنان والعينان والأنف).



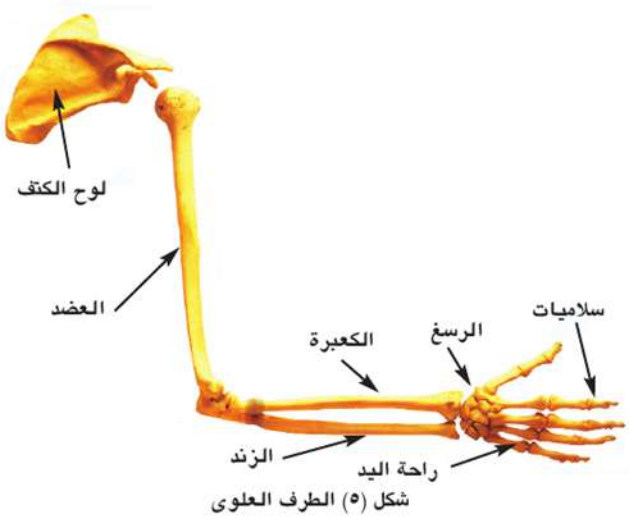
شكل (٤) القفص الصدرى

القفص الصدرى: علبة مخروطية الشكل تقريبًا تتصل من الخلف بالفقرات الظهرية (١٢ فقرة) ومن الأمام بالقص (عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل وجزؤها السفلى غضروفى) ويتكون القفص الصدرى من اثنا عشر زوجا من «الضلوع» (شكل ٤). عشرة أزواج منها تصل بين الفقرات الظهرية وعظمة القص وزوجان قصيران لا يتصلان بالقص وهى تسمى «الضلوع العائمة» والضلع عظمة مقوسة تنحنى إلى أسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة ونتوئها المستعرض. وتتحرك هذه الضلوع إلى الأمام والجانبين لتزيد من اتساع التجويف الصدرى أثناء الشهيق فى عملية التنفس وبالعكس أثناء الزفير.

الحزام الصدرى والطرفان العلويان:

يتركب الحزام الصدرى من نصفين متماثلين ويتركب كل نصف من لوح الكتف وهو عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به (الترقوة) وهى

عظمة باطنية رفيعة.. ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف التجويف الأروح الذى يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفى. يتكون **الطرف العلوى** من: العضد والساعد (الزند والكعبرة) – وبالطرف العلوى للزند تجويف يستقر فيه النتوء الداخلى للعضد – والكعبرة أصغر حجما وتتحرك حركة نصف دائرية حول الزند الثابت.



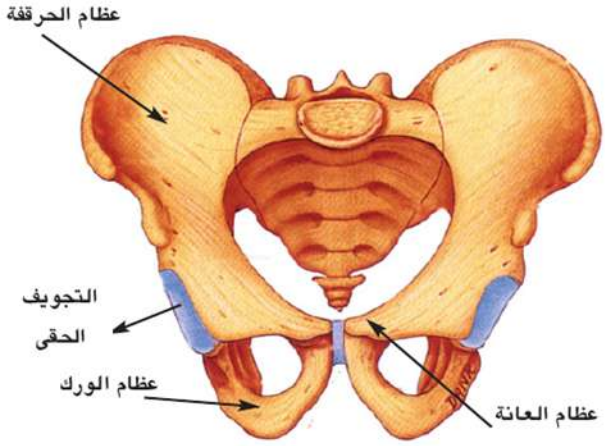
شكل (٥) الطرف العلوى

أما الرسغ فيتكون من ٨ عظام فى صفين يتصل طرفها العلوى (بالطرف السفلى للكعبرة)، والطرف السفلى بعظام راحة اليد (شكل ٥) .

وعظام راحة اليد تتكون من ٥ أمشاط رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة التى يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة عدا إصبع الإبهام فيتكون من سلامتين فقط .

الحزام الحوضى والطرفان السفليان:

تتكون عظام الحوض (شكل ٦) من نصفين متماثلين يلتحمان فى الناحية الباطنية فى منطقة تسمى بالارتفاق العانى ويتكون كل نصف منهما من عظمة الحرقفة الظهرية التى تتصل من الناحية الأمامية الباطنية بعظمة العانة، ومن الناحية الخلفية الباطنية بعظمة الورك وعند موضع اتصال الحرقفه

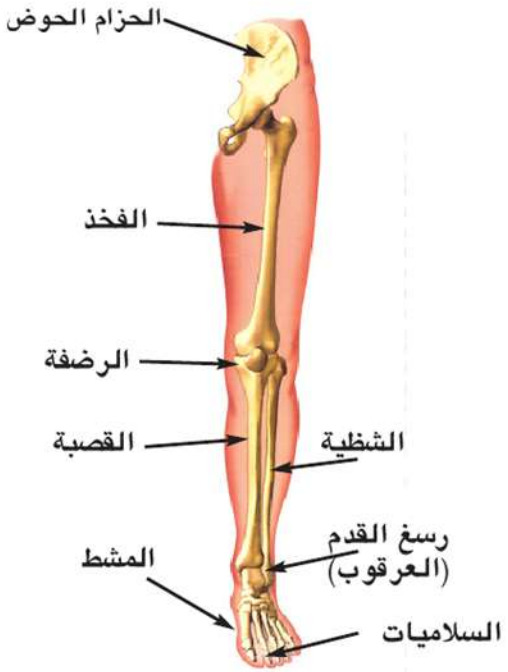


شكل (٦)عظام الحوض

بالورك يوجد تجويف عميق يسمى «التجويف الحقى».

ويتكون الطرف السفلى من عظمة الفخذ والتى يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند «المفصل الركبى».

والساق تتكون من عظمتين أحداهما داخلية «القصبة» والثانية خارجية «الشظية» – وأمام مفصل الركبة عظمة صغيرة مستديرة تسمى «الرضفة».والعرقوب يتكون من ٧ عظام أكبرها هى الخلفية التى تكون كعب القدم.



شكل (٧) الطرف السفلى

–و عظام القدم يتكون من ٥ أمشاط رفيعة وطويلة وينتهى كل منها بالأصبع الذى يتكون من ٣ سلاميات رفيعة عدا الإبهام فله سلاميتان فقط (شكل ٧).

الحركة فى الكائنات الحية

الحركة: ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية، فحركته تنشأ ذاتيا نتيجة لإثارته فعندما يتعرض لإثارة ما فإنه يستجيب لها إيجابا أو سلبا، ومن كلتا الحالتين تكون الاستجابة حركة. والحركة فى الكائن الحى لها أنواع عديدة، فهناك حركة دائبة داخل كل خلية من خلايا الكائن الحى تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية وهناك حركة موضعية لبعض أجزاء الكائن الحى كالحركة الدودية في امعاء الفقاريات وهناك حركة كلية يتحرك بها الكائن الحى من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء أو سعيا وراء الجنس الأخر أو تلافيا لخطر فى بيئته.

وتؤدى حركة الحيوان وتنقله من مكان إلى أخر لزيادة انتشاره، وكلما كانت وسائل الحركة فى الحيوان قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشاره.

ولايمكن لهذا الحيوان أن يحتفظ بتوازنه ولا أن يتحرك دون أن يكون له مرتكز صلب يتصل به العضلات، وقد تكون مثل هذه الدعامة خارجية كما فى المفصليات أو داخلية كما فى الفقاريات فتسمى هيكل الحيوان، وقد يكون الهيكل الداخلى غضروفيا كما فى الأسماك الغضروفية أو عظميا كما فى الأسماك العظمية. وكيفما كان الهيكل فإنه يتكون من قطع تتصل ببعضها اتصالا مفصليا يتيح الحركة.

أولا: الحركة فى النبات Locomotion in plant

تتأثر أوراق بعض النباتات باللمس فتتحرك استجابة لهذا المثير، فعند لمس وريقة المستحية فإنها تتدلى كما لو كان أصابها الذبول، وتعرف هذه الحركة بالحركة عن طريق اللمس.

كما أن نفس النبات وبعض البقوليات تتقارب وريقاتها إذا ما أقبل الليل وبتوالى النور والظلام تنشأ فى الوريقات حركة انبساط وحركة تقارب أى حركة يقظة ونوم ولهذا تسمى هذه بحركة النوم.

كما أن جميع النباتات تتميز بحركة انتحاء وهى استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء والرطوبة والجاذبية.

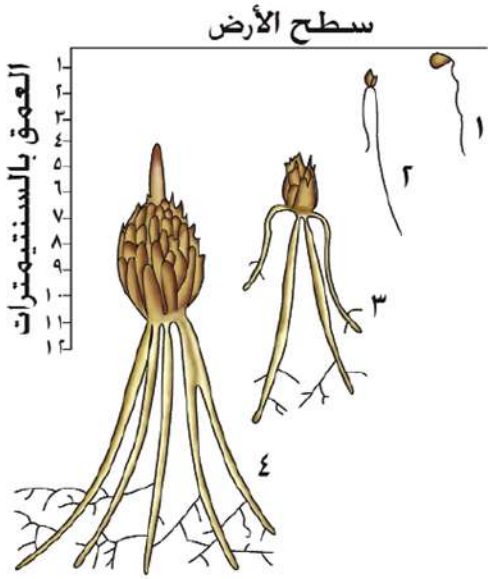
ونضيف إلى ما سبق دراسته فى الإحساس. الحركة عن طريق الشد، وحركة السيتوبلازم داخل الخلية.

حركة الشد:

تبدأ حركة الشد فى محاليق النباتات المتسلقة كالبازلاء وفى جذور الكورمات والأبصال. ويبدأ الحالق عمله بأن يدور فى الهواء حتى يلمس جسما صلبا، وبمجرد اللمس يلتف حول هذا الجسم الصلب ويوثق التصاقه به، ثم يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله

شكل (٨) حركة المحاليق

وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة أى يشدها إلى الدعامة فيستقيم الساق رأسيا، وبعد ذلك يتغلظ الحالق بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد، أما إذا لم يجد الحالق فى حركته الدورانية ما يلتصق به فإنه يذبل ويموت. ويلاحظ أن سبب حركة المحلاق حول الدعامة هو بطء نمو المنطقة التى تلامس الدعامة على حين يسرع نمو المنطقة التى لا تلامسه فتستطيل مما يؤدى إلى التفاف الحالق حول الدعامة (شكل ٨).

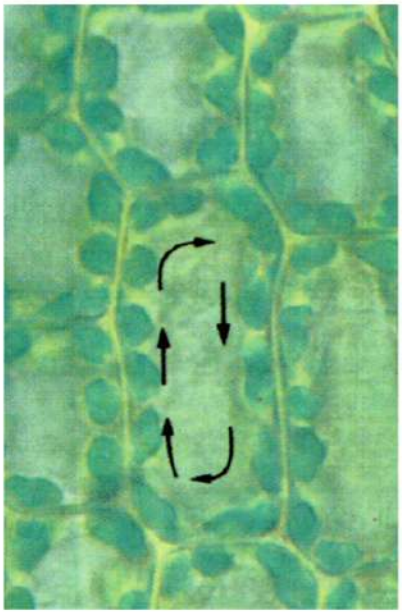


شكل (٩) حركة الشد فى الجذور لأبصال النرجس

أما فى الكورمات والأبصال فتوجد الجذور الشادة أسفلها، ولذلك تستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل فتهبط بالكورمة والبصلة إلى المستوى الطبيعى الملائم. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائما على بعد ملائم عن سطح الأرض يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح (شكل ٩).

الحركة الدورانية السيتوبلازمية:

من أهم خصائص السيتوبلازم الحى أنه يتحرك فى دوران مستمر داخل الخلية، ويتضح لنا ذلك جليا إذا فحصنا خلية ورقة إيلوديا (شكل١٠)، وهو نبات مائى تحت القوة الكبيرة للمجهر حيث يلاحظ أن السيتوبلازم يبطن الجدار من الداخل بطبقة رقيقة وينساب فى حركة دورانية داخل الخلية فى اتجاه واحد. ويستدل على الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم، محمولة فى تياره.


شكل (١٠) الحركة الدورانية للسيتوبلازم

ثانيا: الحركة فى الإنسان

ولما كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلى الحركة فى الإنسان كمثال للثدييات، ولو أنك تأملت حركة يديك وأنت تقلب صفحات الكتاب أو حركة قدميك وأنت فى طريقك إلى المدرسة لوجدت أنك تعتمد فى الحركة على ثلاثة أجهزة هى الجهاز الهيكلى الذى يكون الدعامة للأطراف المتحركة، والجهاز العضلى إذ أن انقباض وانبساط بعض العضلات تحدث حركة الأطراف والجهاز العصبى الذى يعطى الأوامر للعضلات لكى تقوم بعملية الانقباض والانبساط.

الجهاز العضلى Muscular System

الجهاز العضلى عبارة عن مجموع عضلات الجسم التى بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة. ويتركب الجهاز العضلى من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles ، وهى عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية والتى سبق دراستها فى مقرر الأحياء بالسنة الأولى – وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر وهى عادة ما تعرف (باللحم). و عدد عضلات الجسم يمكن تقديرها بحوالى ٦٢٠ عضلة أو اكثر.

وظائف العضلات:

تتميز العضلات بأنها خيطية الشكل بوجه عام، ولها القدرة على الانقباض والانبساط، والانقباض العضلى ضرورى لتأدية النشاطات والوظائف التالية:–

أ– الحركة وتشمل تغيير وضع عضو معين من الجسم بالنسبة لبقية الجسم.

ب– الانتقال من مكان إلى مكان آخر.

جـ– استمرار تحرك الدم فى الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل هذه الأوعية الدموية عن طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة فى جدرانها.

د– المحافظة على وضعية الجسم سواء فى الجلوس أو الوقوف وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.

تركيب العضلة:

كما سبق ودرست فإن العضلة تتركب من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers ، وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوى على مجموعة من لييفات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين لييفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولى للعضلة وتحتوى الليفة العضلية على عدد كبير من الأنوية. وتتكون من:

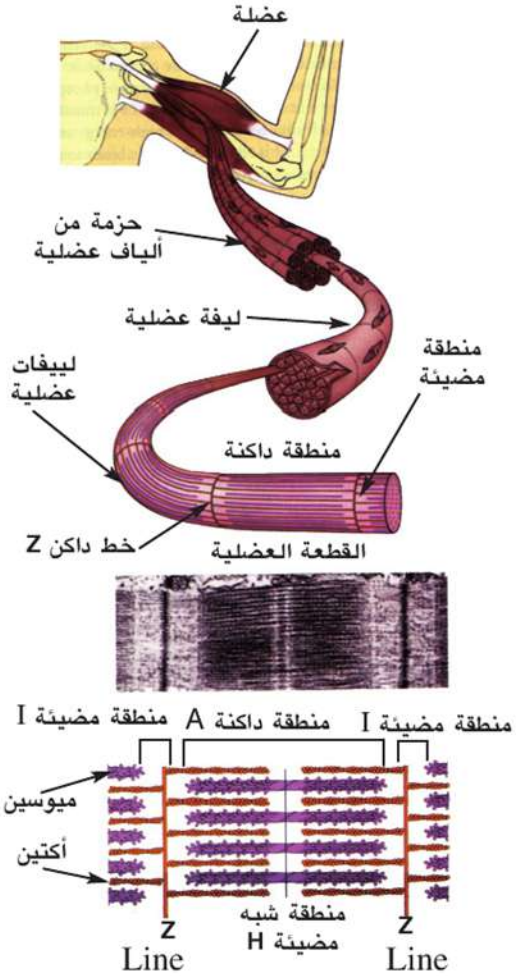
أ – المادة الحية (البروتوبلازم) والسيتوبلازم فى العضلات يعرف **بالساركوبلازم** Sarcoplasm

ب – غشاء خلوى يحيط بالساركوبلازم يعرف **بالساركوليما** Sarcolemma

جـ– الألياف العضلية دائما توجد فى مجموعات تعرف بالحزم العضلية تحاط بغشاء يعرف بغشاء الحزمة .

د– كل لييفة عضلية تتكون من :

١– مجموعة من الأقراص (المناطق المضيئة) يرمز لها بالرمز (I)، يقطعها فى منتصفها خط داكن يرمز له بالرمز (Z) وتتكون هذه الأقراص المضيئة من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين Actin.



شكل (١١) العضلات

٢- مجموعة من الأقراص (المناطق) الداكنة يرمز لها بالرمز (A) وفى منتصف كل منطقة توجد منطقة شبه مضيئة يرمز لها بالرمز (H) وتتكون هذه المناطق شبه المضيئة من نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة ويعرف بالميوسين Myosin (شكل ١١)

٣- المسافة بين كل خطين متتالين (Z) الموجودة فى منتصف المناطق المضيئة تعرف بالقطعة العضلية Sarcomere

- وتلاحظ أن المناطق الداكنة والمضيئة توجد فقط فى العضلات الهيكلية والعضلات القلبية ولهذا جاءت التسمية بالعضلات المخططة وغير موجودة فى العضلات الملساء ولذلك سميت بالعضلات غير المخططة.

الانقباض العضلى:

تمتاز العضلات بقدرتها على الانقباض (التقلص) والانبساط، ولذلك فهى المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم. ولكى يتم ذلك على أصول متناسقة لابد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هى:

أ - **الجهاز الهيكلى (العظمى):** هو يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ويعمل كدعامة للأطراف المتحركة من جهة أخرى ولذا فالمفاصل لها دور مهم فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- **الجهاز العصبى:** هو الذى يعطى الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات فيتم الاستجابة تبعا لذلك بالانقباض أو الانبساط.

جـ- **الجهاز العضلى:** هو المسئول عن الحركة وغالبية العضلات يسيطر عليها الجسم وتسمى بالعضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) وتشمل معظم عضلات الجسم، وبعضها لا يستطيع الإنسان التحكم فيها تماما وتسمى لا إرادية كالعضلات الملساء وعضلة القلب.

وبناء على ما سبق لابد من الإجابة على الأسئلة التالية كيف تنقبض العضلة؟ وما تأثير السيالات العصبية على العضلة وفسيولوجية إستجابتها للحفز العصبى؟ وكيف يتم التناسق والتآزر بين الأجزاء السابقة؟

١- فى العضلات الهيكلية الإرادية السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية مشحونة بشحنة موجبة بينما يحمل الغشاء الليفى العضلى من الداخل شحنة سالبة. وينشأ عن ذلك فرق فى الجهد للفرق فى تركيز الأيونات بين خارج وداخل الغشاء الليفى للعضلة.

٢- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكى والتى تتصل نهاياتها العصبية اتصالا محكما بالليفة العضلية مكونة تشابك عصبى Synapse.

٣- النهايات العصبية للخلايا العصبية تحتوى على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية مثل الاستيل كولين Acetylcholine .

٤- عند وصول السيال العصبى إلى هذه الحويصلات تسبب خروج هذه النواقل العصبية وتقوم أيونات الكالسيوم بدور مهم فى خروج هذه النواقل ، والتى لا تلبث أن تسبح فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء العضلة حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية وبالتالى تسبب تلاشى فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية وانعكاسها، بمعنى أن داخل الغشاء الليفى العضلى يصبح موجبا بالنسبة لخارجه وذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية، وهذا يؤدى إلى انقباض العضلة وعندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة اللااستقطاب .Depolarization

٥- فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية يعود إلى وضعه الطبيعى بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل أنزيم الكولين استيريز (Cholinesterase) وهو أنزيم متوفر فى نقاط الاتصال العصبى العضلى - والذى يعمل على تحطيم مادة الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتإلى يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبى) وتكون مهيأة للإستجابة للحفز مرة أخرى... وهكذا.

آلية انقباض العضلة : (نظرية الخيوط المنزلقة)

ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات وتعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو (نظرية الانزلاق) التى اقترحها «هكسلى Huxely» اشهر هذه الفروض.

تعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهرى الدقيق لألياف العضلات، إذ أن كل ليفة عضلية كما ذكرنا سابقا تتكون مجموعة ليفات وكل ليفة تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما : الأولى خيوط رفيعة اكتينية Actin والثانية خيوط غليظة ميوسينية Myosin

بعد أن قارن هكسلى باستخدام المجهر الإلكترونى ليفة عضلية فى حالة انقباض بأخرى فى حالة الراحة استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض أو تقلص العضلة عن طريق وجود روابط مستعرضة تم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم وتمتد هذه الروابط من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الاكتين، وبالتإلى فان الانقباض العضلى يحدث عندما تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المجموعات المتجاورة من خيوط الاكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليفة العضلية.

ورغم وجود هذه النظرية التى تفسر انقباض العضلات الهيكلية (المخططة) إلا أنها لم تستطع أن تفسر آلية انقباض العضلات الملساء رغم وجود بعض التقارير العلمية التى تشير إلى أن الخيوط البروتينية فى ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع يشبه إلى حد كبير الخيوط الأكتينية فى العضلات الهيكلية.

الوحدة الحركية : Motor Unit

لكى نتعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلى لابد هنا أن نتعرف على الوحدة الحركية والتى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية، لان انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المؤلفة للعضلة.

وتتكون الوحدة الحركية (شكل ١٢) من مجموعة من الألياف العضلية والخلية العصبية التى تغذيها وعند دخول الليف العصبى الحركى إلى العضلة، يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية، وكل ليف عصبى حركى يغذى عددا من الألياف العضلية يتراوح ما بين (٥ – ١٠٠) ليف عضلى بواسطة تفرعاته النهائية التى يتصل الواحد منها بالصفائح النهائية الحركية Motor End Plate لليفة العضلية ويعرف مكان الاتصال هذا بالوصلة العصبية العضلية Neuromuscular Junction

شكل (١٢) الوحدة الحركية

إجهاد العضلة: Muscle Fatigue

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب اجهادها وتعبها وذلك لان الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وانتاج الطاقة. ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجلايكوجين (نشا حيوانى) إلى جلوكوز الذى لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائى (لا يحتاج إلى أكسجين) لانتاج طاقة تعطى العضلة فرصة اكبر للعمل وينتج عن هذه العملية تراكم حامض معين يسمى حامض اللاكتيك Lactic Acid الذى يسبب تعب العضلة واجهادها، ونتيجة لهذا يتوقف الشخص عن الحركة حتى تصل للعضلة كمية كافية من الأكسجين لتقوم بعملية التنفس الهوائى (الخلوى)، والذى ينتج كمية كبيرة من الطاقة إذا ما قورنت بالطاقة الناتجة من عملية التنفس اللاهوائى.

أسـئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلى :

١- تحدث الحركة فى الانسان بتآزر مجموعة من الاجهزة وهى :

أ- الجهاز العضلى والهيكلى والدورى .

ب - الجهاز التنفسى والعصبى والهيكلى .

جـ - الجهاز الهيكلى والعصبى والعضلى .

د - الجهاز الهيكلى والتنفسى والدورى .

٢- المخزون الفعلى للطاقة فى العضلة هو :

أ- جزئيات ATP ب - الجليكوجين جـ - الجلوكوز د - حمض اللاكتيك

٣- يرجع التقلص العضلى عند التعب إلى تراكم مركب كيمائي هو :

أ- ثانى اكسيد الكربون ب - الكحول

جـ - حمص اللاكتيك د - الاحماض الامينية

٤- الدعامة الفسيولوجية فى النبات تتمثل فى :

أ- تغلظ جدران الخلايا النباتية لمنع الماء من الخروج من النبات .

ب - انتفاخ الخلايا النباتية نتيجة امتلائها بالماء .

جـ - امتلاء الأوعية الناقلة بالمحاليل الغذائية .

د - ترسيب مادة السليلوز على جدران الخلايا .

س٢ علل لما يأتى :

١- التفاف المحلاق حول الدعامة .

٢- وجود الاحزمة عند اتصال اطراف الحيوان بهيكله المحورى.

٣- حدوث اجهاد للعضلة الهيكلية .

٤ - الدم فى حركة مستمرة داخل الاوعية الدموية

٥ - تعتبر فرضيه الخيوط المنزلقة اصح الفروض التى تفسر آليه الحركة .

٦ - يتوافر انزيم الكولين استيريز فى نقاط الاتصال العصبى - العضلى .

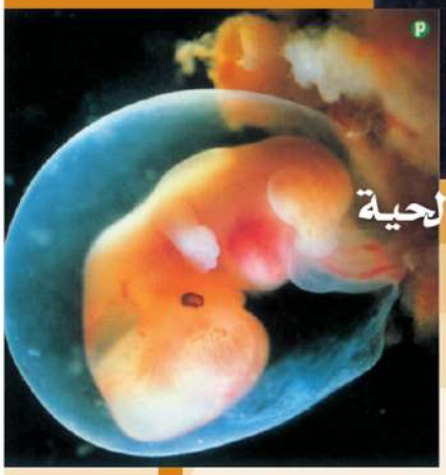
س٣ ارسم شكلا مبسطا لإحدي فقرات العمود الفقرى فى الانسان .

س٤ ماذا تعرف عن :

العصعص - الحزام الحوضي - الحزام الصدرى - لوح الكتف - الحزم العضلية.

س٥ تعتبر الوحدة الحركية هى الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية - وضح ذلك مع ذكر مكوناتها

س٦ « تحدث الحركة نتيجة تآزر أو تعاون اجهزة رئيسية فى جسم الإنسان هى الهيكلى والعصبى



التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثانى

التكاثر فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـــادر على أن:

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا
- يقارن بين التكاثر اللاجنسى والتكاثر الجنسى
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة فى الأنسان
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوى والبويضة فى الأنسان
- يتعرف دورة الطمث فى المرأة ودور الهرمونات فى تنظيم هذه الدورة
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التواءم وانواعها
- يتعرف وسائل منع الحمل
- يقارن بين زراعة الأجنه وزراعة الأنوية
- يتعرف كيفية اخصاب البويضة خارج الجسم (اطفال الأنابيب)
- يقدر جهود العلماء فى التقدم التكنولوجى المرتبط بعملية التكاثر
- يقدر عظمة الخالق فى توالد الأجيال لتستمر الحياه على سطح الأرض

أبيض

أبيض

تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة تمدها بالطاقة اللازمة لحياتها لكى تبقى على هذه الأرض الى اجل محدد وتنتهى حياتها بالموت الحتمى .. إذ يتعين عليها ان تقوم بوظائف التغذية والتنفس والإخراج والإحساس لكى تنجح فى حياتها المحدودة على الأرض .. فماذا عن وظيفة التكاثر ؟

أهمية التكاثر للأحياء

إن الكائن الحى الذى لا يتكاثر يمكنه ان يستمر فى حياته الطبيعية – بل ان بعض الأحياء التى ازيلت اعضاء تكاثرها بقيت حيه بشكل عادى – ذلك ان وظيفة التكاثر أقل اهمية من الوظائف السابق ذكرها بالنسبة لحياة الفرد – فلو تعطلت إحدى هذة الوظائف لهلك الفرد سريعاً .. وعليه فإن التكاثر يعتمد على تأمين جميع الوظائف الأخرى ، وليس العكس .. وبرغم ذلك فإنها الوظيفة التى تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد .. ولو تعطلت بشكل جماعى – تؤدى الى انقراض النوع من الوجود.

وتبدأ جميع الأحياء حياتها بالسعى المتواصل لتأمين بقائها كأفراد اولا وتوفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة ، ثم تبدأ بعدها فى السعى لتأمين بقاء انواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها .

قدرات التكاثر بين الأحياء :-

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء مع اختلاف البيئة المحيطة بها والمخاطر التى تتعرض لها وطبيعة حياتها وطول اعمارها واحجامها .. الخ

- فالأحياء المائية تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه اقرانها على اليابسة .
- والأحياء الطفيلية أكثر نسلاً من الكائنات الحرة لتعويض الفاقد منها .
- والأحياء البدائية او قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمه او طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الأباء

وعموما فإن الأنواع والأفراد التى نراها حولنا فى الوقت الحاضر إنما تعبر عن نجاح اسلافها فى التكاثر ، وتخطى المصاعب التي واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة – بعكس العديد من الكائنات المنقرضة التى لم تنجح فى الأستمرار حتى الأن . ولعلنا نذكر منها الديناصورات وغيرها من الزواحف العملاقة التى لم يتواصل تكاثرها ، وأصبحت فى سجل التاريخ الجيولوجى ومثلها الكثير فى عالمى الحيوان والنبات .

طرق التكاثر فى الكائنات الحية

تتكاثر الكائنات الحية بعدة سبل واساليب لكى تستمر أنواعها . ويمكن تجميع تلك الأساليب فى طريقتين أساسيتين :

اولا" : التكاثر اللاجنسى : (Asexual Reproduction)

يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة ، او جملة خلايا او انسجة ونموها الى فرد جديد يشبه الأصل التى انفصلت عنه تماما فتستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة حتى وان تغيرت البيئة حولها ..فإذا حدث تغيير فى تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن أباؤها قد تأقلمت على ذلك التغيير . وهذا التكاثر شائع فى عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية فى عالم الحيوان .

– يعتمد هذا التكاثر على الأنقسام الميتوزى لخلايا الكائن الحى حيث يكون عدد الصبغيات فى خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات فى خلايا الكائن الأصلى .

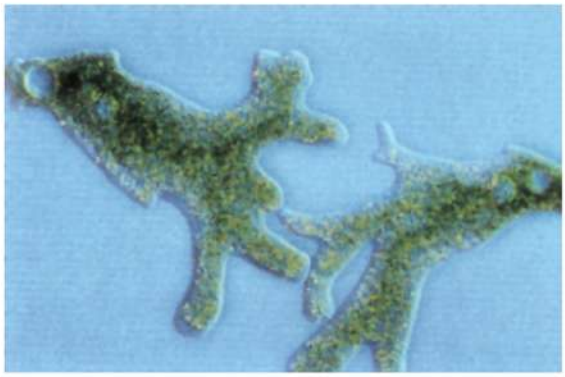
صور التكاثر اللاجنسى :

يتم التكاثر اللاجنسى فى عالم الأحياء فى عدة صور من اهمها ما يلى :

١- الأنشطار الثنائى :- Binary Fission

وفيه تنقسم النواة ميتوزيا ، ثم تنشطر الخلية التى تمثل جسم الكائن الحى الى خليتين يصبح كل منهما فردا جديداً وتتكاثر بهذة الصورة كثير من الأوليات الحيوانية كالأميبا (شكل ١) والبراميسيوم بالإضافة الى الطحالب البسيطة والبكتريا ويتم ذلك فى الظروف المناسبة .

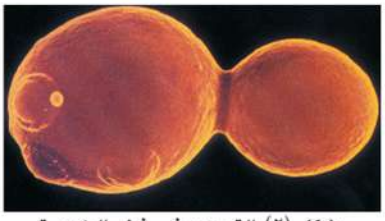
أما فى الظروف غير المناسبة – فإن الأميبا تفرز حول جسمها غلافا كيتينيا للحماية . وعادة ما تنقسم بداخله عدة مرات بالإنشطار الثنائى المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة التى تتحرر من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .



شكل (١) الانشطار الثنائي في الأميبا

٢- التبرعم : (Budding)

تتكاثر بعض الكائنات وحيدة الخلية ، وبعض متعددة الخلايا بالتبرعم . ففى الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأصلية ، ثم تنقسم النواة ميتوزياً إلى نواتين تبقى إحداهما فى خلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم الذى ينمو تدريجيا والذى قد يبقى متصلا بخلية الأم حتى يكتمل نموه فينفصل عنها . أو يستمر فى اتصاله بها مكونا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية (شكل ٢)



شكل (٢) التبرعم فى فطر الخميرة

أما فى الكائنات متعددة الخلايا كألاسفنج والهيدرا فينمو البرعم على شكل بروز صغير من احد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها الى برعم ينمو تدريجيا ليشبه الأم تماما (شكل ٣)، ثم ينفصل عنه ليبدأ حياته مستقلا ويذكر ان الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسيا ايضا الى جانب قدرتهما على التجدد.

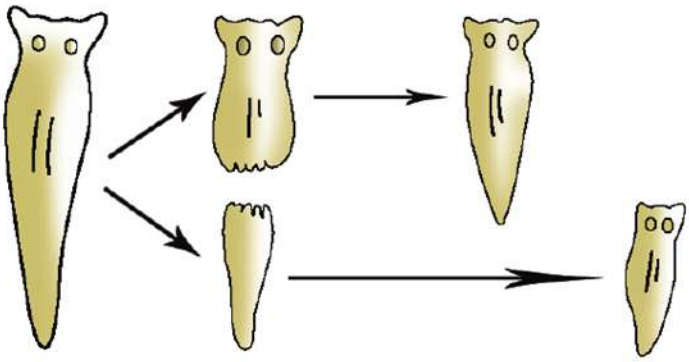
شكل (٣) التبرعم في الهيدرا

٣- التجدد : Regeneration

تشيع هذه الطريقة فى كثير من النباتات وبعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا وبعض الديدان ونجم البحر التى تملك القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث او

تمزق . وفى بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم الى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو الى فرد جديد. . ولكن القدرة على التجدد تقل برقى الحيوان، حيث يقتصر فى بعض القشريات والبرمائيات على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط ، أما فى الفقاريات العليا فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح ، وخاصة إذا كانت محدودة فى الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

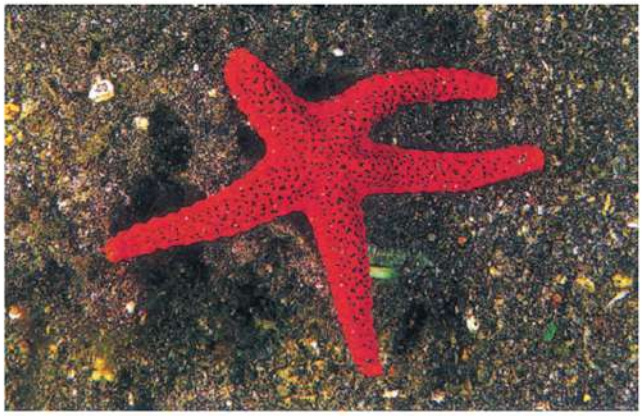
ومن مظاهر التجدد المثيرة قدرة دودة البلاناريا (من الديدان المفلطحة المنتشرة فى الماء العذب) على التجدد – حتى لو قطعت لعدة اجزاء على مستوى عرضى او لجزءين طوليا – فإن كل جزء ينمو الى فرد مستقل (شكل ٤) .



شكل (٤) – التجدد فى البلاناريا

اما فى الهيدرا فيمكنها أن تتجدد اذا قطعت لعدة اجزاء فى مستوى عرضى وينمو كل جزء الى فرد مستقل

وفى نجم البحر (شكل ٥) الذى يتغذى على محار اللؤلؤ (إذ يستطيع النجم الواحد أن يفترس حوالى عشر محارات يوميا" بما قد تحمله من لؤلؤ بين ثناياها) لهذا كان القائمون على رعاية ذلك المحار فى مزارع اللؤلؤ يجمعون نجوم

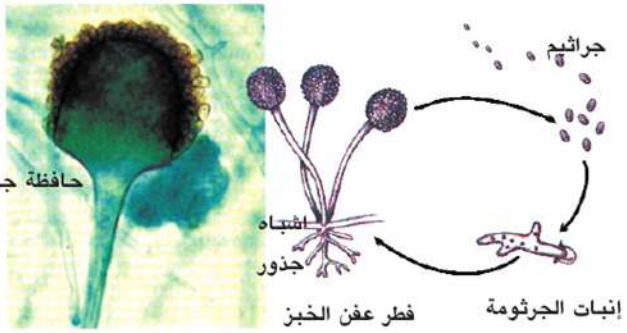


شكل (٥) – نجم البحر

البحر ويمزقونه ويلقون به فى البحر للتخلص منه تماماً فكانوا بذلك يعملون على إكثاره دون قصد – حيث إن أحد أذرع نجم البحر مع قطعة من قرصة الوسطى يمكن أن يتجدد إلى نجم بحر كامل فى فترة وجيزة

٤- التكاثر بالجراثيم : Sporogony

تتكاثر بعض النباتات البدائية بواسطة خلايا وحيدة تعرف بالجراثيم متحورة للنمو مباشرة الى نباتات كاملة . وتتكون الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة وجدار سميك، فاذا نضجت الجرثومة تحررت من النبات الأم لتنتشر فى الهواء . وبوصولها الى وسط ملائم للنمو تمتص الماء وتتشقق جدرها وتنقسم عدة مرات ميتوزيا حتى تنمو الى فرد جديد ومن الكائنات التى تتكاثر بالجراثيم ، كثير من الفطريات مثل فطر عفن الخبز (شكل ٦) وفطر عيش الغراب (شكل ٧) وبعض الطحالب والسراخس، ويمتاز هذا التكاثر بسرعة الأنتاج وتحمل الظروف القاسية والأنتشار لمسافات بعيدة .



شكل (٦) التكاثر بالجراثيم فى عفن الخبز

شكل (٧) التكاثر بالجراثيم فى عيش الغراب

٥- التوالد البكرى : Parthenogenesis

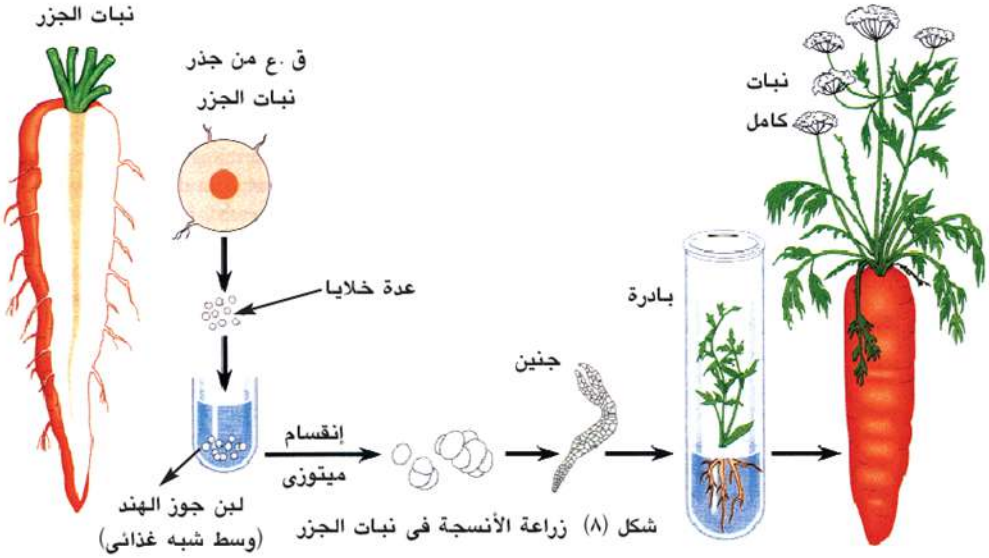
يعرف التوالد البكرى بقدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكرى ، ويعد ذلك نوعا خاصا من التكاثر اللاجنسى ، حيث يتم إنتاج الأبناء من اب واحد فقط، ويتم التكاثر البكرى فى عدد من الديدان والقشريات والحشرات واشهرها نحل العسل ، حيث تنتج الملكة بيضا ينمو بدون إخصاب لتكوين ذكور النحل ، وبيضا ينمو بعد الأخصاب لتكوين

الملكة والشغالات حسب نوع الغذاء بعد ذلك . فتكون الذكور احادية المجموعة الصبغية (ن) وتكون الملكة والشغالات ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لكن فى حالات من التوالد البكرى، تتكون البويضات من انقسام ميتوزى فتنمو الى افراد ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) كما فى حشرة المن .

وقد أمكن تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية او كهربائية اوللأشعاع او لبعض الأملاح او للرج او الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب ، مكونة أفرادا" تشبه الأم تماما ، كما تكونت أجنه مبكرة من بويضات الأرانب بأستخدام منشطات مماثلة.

٦- زراعة الأنسجة : Tissue Culture

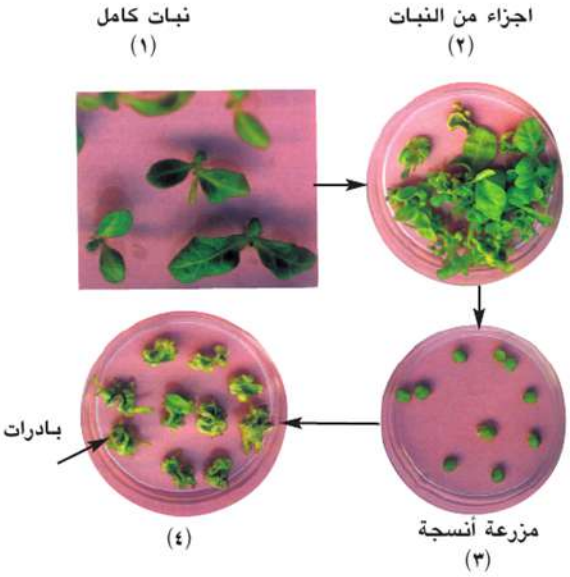
يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية والحيوانية وإنمائها فى وسط غذائى شبه طبيعى، ثم متابعة تميز إنسجتها وتقدمها نحو انتاج افراد كاملة . وفى تجربة مثيرة فصل أحد العلماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر فى انابيب زجاجية تحتوى لبن جوز الهند – الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية ، فبدأت الأجزاء فى النمو والتمايز الى نبات جزر كامل (شكل ٨). وبعد ذلك فصل خلايا منفردة من نفس انسجة النبات وزرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل . كما أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل



شكل (٨) زراعة الأنسجة فى نبات الجزر

خلايا من اوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة(شكل ٩)

وقد أكدت هذه التجارب ان الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتا كاملا لو زرعت فى وسط غذائى مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية بنسب معينة وتستغل هذه الطرق حالياً فى إكثار نباتات نادرة او ذات سلالات ممتازة او أكثر مقاومة للأمراض ، كما أمكن حفظ الأنسجة المختارة للزراعة فى نيتروجين سائل لتبريدها لمدة طويلة مع الإبقاء على حيويتها لحين زراعتها .ويعلق العلماء أمالا على تقدم هذه التقنيات لحل مشاكل الغذاء واختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المنتجة بأكثارها بنفس الطريقة.



(شكل ٩) زراعة الأنسجة فى نبات الطباق

ثانيا" :- التكاثر الجنسى :- Sexual Reproduction

يتطلب التكاثر الجنسى وجود فردين ذكر و انثى غالبا لإنتاج الأمشاج الجنسية ويتعين على تلك الأمشاج ان تتلاقى من اجل الأندماج أو الأخصاب فعند التزاوج يلتقى المشيج الذكرى والمشيج الأنثوى المناسب لنوعه ويندمجا معا وتتكون اللاقحة ، التى تبدأ فى الأنقسام والنمو لتكوين الجنين ، ثم الفرد اليافع ، فالبالغ الذى يجمع بين صفات الأبوين ، لهذا فالأبن يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطاً من صفاتهما .

على عكس التكاثر اللاجنسى الذى يتسلم فيه الأبن تلك المادة من أب واحد فيصير نسخة مطابقة له . ومع ذلك فالتكاثر الجنسى مكلف فى الوقت والطاقة عن اللاجنسى – لأنه يتم عادة بعد عمر او اعداد معين كما يتعين على الأبوين احيانا إعداد العش او الجحر المناسب قبل الزواج كما قد يتبادلان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر ، بل إن بعض الأنواع تتحمل فى سبيل حماية أبنائها مشقة اكبر عند الأحتفاظ بالأجنة فى بطونها حتى تولد . وقد تبقى الأبناء مع

ابائها فى حياة اجتماعية من اجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك .

ويضاف الى ما سبق ان إنجاب افراد جديدة يقتصر هنا على نصف عدد افراد النوع وهى الإناث دون الذكور بينما ينجب جميع الأفراد فى التكاثر اللاجنسى. وبرغم كل ما سبق فإن التكاثر الجنسى يوفر للأجيال الناتجة تجديدا مستمرا فى بنائها الوراثى يمكنها من الأستمرار فى وجه التغيرات البيئية .

– ويعتمد التكاثر الجنسى على الأنقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج . حيث يختزل فيها عدد الصبغيات الى النصف (ن) وعند الأخصاب يندمج المشيج الذكرى مع المشيج الأنثوى ويعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن) والذى يختلف حسب نوع الكائن الحى .

صور التكاثر الجنسى

يتم التكاثر الجنسى بصورتين اساسيتين هما :

١- الإقتران : Conjugation

يتم التكاثر عادة فى الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بالانقسام الميتوزى فى الظروف المناسبة ، لكنها تلجأ الى التكاثر الجنسى بالأقتران عند تعرضها للجفاف او تغير حرارة الماء او نقاوته.

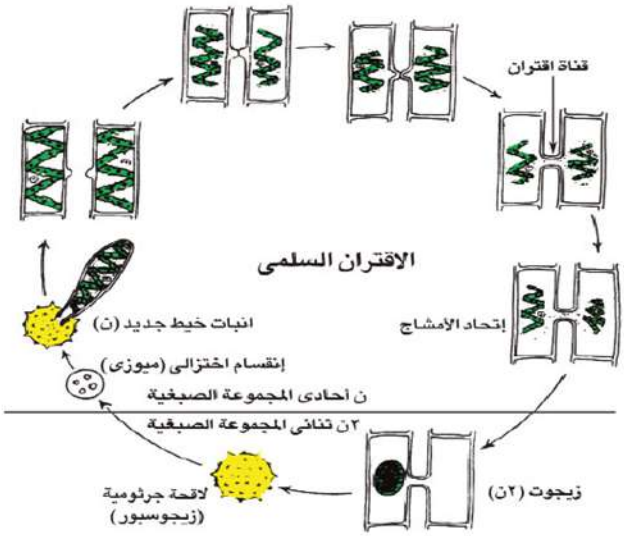
- الإقتران فى الأسبيروجيرا Spirogyra

- يعرف الأسبيروجيرا بالريم الأخضر الذى ينتشر فى المياه الراكدة حيث تطفو خيوطه التى يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا. ويلجأ طحلب الأسبيروجيرا الى الأقتران فى الظروف غير المناسبة وهما نوعان :–

أ - الإقتران السلمى :-

يتجاور خيطان من الأسبيروجيرا طوليا" ، وتنمو نتوءات للداخل بين بعض ازواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما لتتكون قناة إقتران .

يتكور البروتوبلازم فى خلايا احد الخيطين ليهاجر الى خلايا الخيط المقابل عبر قناة الأقتران مكونا" لاقحة Zygote (شكل ١٠)



(شكل ١٠) الاقتران السلمى

تحاط اللاقحة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملاءمة وتعرف حينئذ باللاقحة الجرثومية Zygospore

تبقى اللاقحة الجرثومية ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة فينبت منها خيط جديد .

ب- الاقتران الجانبي

الاقتران الجانبى

– يحدث هذا الاقتران بين الخلايا المتجاورة في نفس الخيط الطحلبي وتنتقل مكونات أحد الخليتين إلى الخلية المجاورة لها من خلال فتحه في الجدار الفاصل بينهما .

– وتجدر الإشارة إلى أن خيط الطحلب خلاياه فردية الصبغيات (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميوزيا قبل إنبات خيط الطحلب الجديد فتعود لخلاياه الصفة الفردية ثانية .

٢- التكاثر بالأمشاج الجنسية :

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية والأنثوية وهما ناتجان عن انقسام ميوزى يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية)

– تتميز الأمشاج الذكرية بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معداً لذلك حيث تفقد معظم

سيتوبلازمها ويستدق الجسم ويتزود بسوط أو ذيل للحركة لكى يؤدى وظيفته وهى نقل المادة الوراثية إلى المشيج الأنثوى فى عملية الإخصاب وعلى ذلك تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أى تنتج بأعداد كبيرة نظراً لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .

أما الأمشاج الأنثوية التى تتكون في المبيض ، فأنها تبقى ساكنة عادة فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب ، لذا تكون مستديرة وغنية بالغذاء غالبا" وتنتج بأعداد قليلة .

وقد تنتقل الأمشاج الذكرية إلى الأنثوية عبر الماء ، كما في الحيوانات المائية كالأسماك العظمية والضفادع ، حيث يلقى كل من الذكر والأنثى بأمشاجهما معا في الماء ليتم التلقيح خارجيا وبالتالى يتم الإخصاب وتكوين الجنين في الماء . أما في الحيوانات التى تعيش على اليابسة فيتم التلقيح داخليا . حيث يتعين إدخال الحيوانات المنوية إلى البويضات بداخل جسم الأنثى لكي يتم الإخصاب وعلى ذلك فإن الإخصاب هو إندماج نواة المشيج الذكرى بنواة المشيج الأنثوى لتكوين اللاقحة ، التى تستعيد ازدواج الصبغيات (٢ن) وتمضى نحو تكوين الجنين بالانقسام الميتوزى.

ثالثا" : تعاقب الأجيال Alternation of generations

هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية والجنسية حيث يتعاقب فى دورة حياتها جيل يتكاثر جنسياً مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيا" ، فيجنى مميزاتهما معا" في تحقيق سرعة التكاثر والتنوع الوراثي بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وقد يتبع ذلك تباين في المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال .

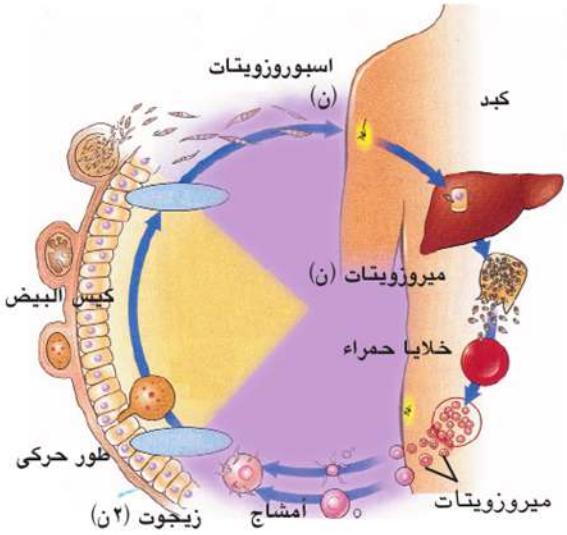
وتتضح هذه الظاهرة في الأمثلة التالية :-

١- دورة حياة بلازموديوم الملاريا :

البلازموريوم من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الأنسان وبعوضه الأنوفيليس . وتبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة انوفيليس مصابة بالطفيل جلد الأنسان وتصب في دمه أشكالا مغزلية دقيقة هى الأسبوروزيتات (Sporozoites) التى تتجه إلى الكبد حيث تقضى فيه فترة حضانة تقوم خلالها بدورتين من التكاثر اللاجنسى حيث تنقسم النواة بما يعرف بالتقطع (Schizogony) لتنتج الميروزيتات (Merozoites) التى تنتقل بعد ذلك لأصابة كريات الدم الحمراء.

تقضى الميروزويتات في كريات الدم الحمراء عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات التى تتحرر بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة، فيظهر على المصاب حينئذ أعراض حمى الملاريا (كإرتفاع درجة الحرارة – الرعشة – العرق الغزير) تتحول بعد ذلك الميروزويتات إلى أطوار مشيجية تنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة ، حيث يتم إندماج الأمشاج وتكوين اللاقحة في معدة البعوضة (شكل١١)

تتحول اللاقحة إلى طور حركي Ookinete يخترق جدار المعدة وينقسم ميوزياً مكوناً كيس البيض Oocyst الذى تنقسم نواته ميتوزياً فيما يعرف بالتجرثم Sporogony وتنتج العديد من الأسبوروزيتات التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعداداً لإصابة إنسان جديد



(شكل ١١) دورة حياة البلازموديوم

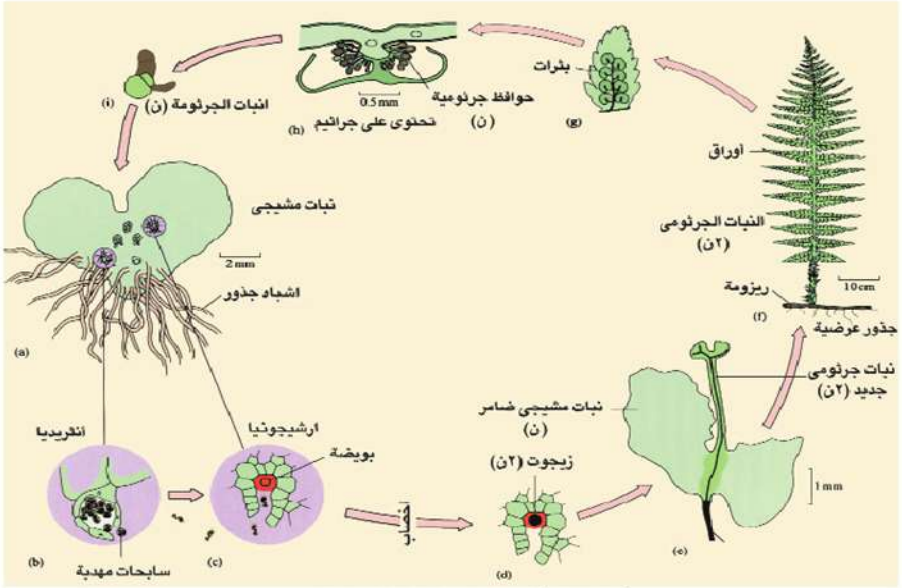
وهكذا يتعاقب في دورةحياة البلازموديوم جيل جنسى يتكاثر بالأمشاج (فى البعوضة) ثم أجيال لا جنسية تتكاثر بالتجرثم (في البعوضة) وبالتقطع فى الأنسان .

٢- دورة حياة نبات من السراخس Ferns

من أمثلة السراخس الشائعة نبات الفوجير المعروف كنبات زينة في المشاتل وكزبرة البئر التي تنمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة .

تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير (شكل ١٢) بالطور الجرثومي الذي يحمل الأوراق وعلى سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن) التي تنقسم ميوزيا لتكوين الجراثيم (ن).

عند نضج الجراثيم، تتحرر من الحوافظ وتحملها الرياح لمسافات بعيدة عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز



(شكل ١٢) دورة حياة نبات الفوجير

إلي جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة ويعرف بالطور المشيجى وتتميز على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى أشباه جذور كزوائد تخترق التربة لامتصاص الماء والأملاح ، كما تنمو زوائد تناسلية على مقدمة نفس السطح تعرف بالأنثريديا Antheridia كمناسل مذكرة والأرشيجونيا Archegonia كمناسل مؤنثة.

– بعد النضج ، تتحرر من الانثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلي الأرشيجونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ن) وبعد ذلك تنقسم اللاقحة وتتميز إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى ويعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورا وساقا وأوراقا فيتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة .

وهكذا يتعاقب طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لاجنسيا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيا بالأمشاج فى دورة حياة السراخس التى تعد مثالا نموذجيا لظاهرة تعاقب الأجيال فى الأحياء.

٣- دورة حياة البلهارسيا :.

من الأمثلة الأخرى لتعاقب الأجيال فى عالم الحيوان – دورة حياة البلهارسيا التي سبق دراستها فى الصف الأول – فالديدان البالغة تعيش فى الإنسان(العائل الاساسى) وتتكاثر فيه جنسيا ثم ينتقل الميراسيديم إلى القواقع (عوائل وسيطة) ليتكاثر فيها لاجنسيا للاستفادة من مميزات كلا نوعى التكاثر لمسايرة حياة التطفل.

التكاثر في النباتات الزهرية (Reproduction in flowering Plants)

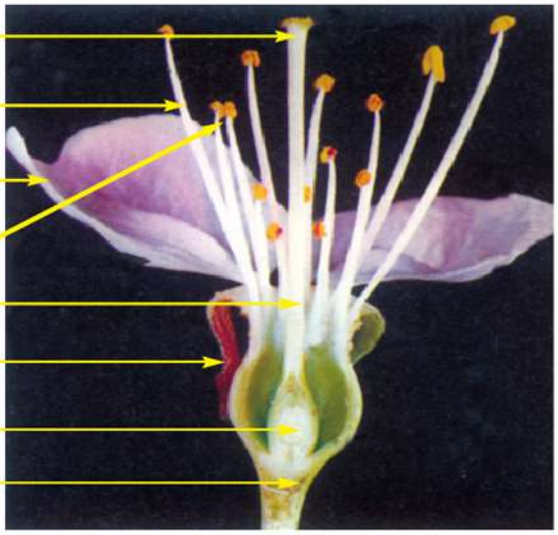
النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التى تنشأ بذورها داخل غلاف ثمري فتعرف لهذا بمغطاة البذور التى تنتشر في بيئات مختلفة وتتفاوت فى الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة والزهرة هى العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات ، فهي ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكون الأجزاء الزهرية المختلفة وتخرج الزهرة من إبط ورقة خضراء أو حرشفية تسمى القنابة ، وفى بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .

وتنشأ الأزهار إما وحيدة طرفية كما فى التيوليب ، فتحد بذلك من نمو الساق ، أو تكون وحيدة إبطيه كزهرة البيتونيا ، أو تتجمع الأزهار على المحور الزهري في تنظيمات متنوعة تعرف بالنورات كما في الفول والمنثور.

تركيب الزهرة :-

تخرج الزهرة (شكل ١٣) من إبط ورقة تعرف بالقنابة (Bract) تختلف الشكل واللون من نبات لأخر وتحمل الزهرة في بعض النباتات على عنق (Pedicel) فتكون معنقة وفى بعضها الأخر تكون جالسة (Sessile) . وللزهرة النموذجية أو الكاملة كالفول والتفاح والبصل والبيتونيا أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه

- **الكأس** (Calyx) المحيط الخارجي للزهرة ، يتكون من أوراق خضراء تعرف بالسبلات Sepalsوتقوم بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح
- **التويج** (Corolla) المحيط الذى يلى الكأس للداخل ، يتكون من صف واحد أو اكثر من البتلات (Petals) التى تساعد فى حماية الأجزاء الجنسية للزهرة وجذب الحشرات لأتمام عملية التلقيح



شكل (١٣) قطاع طولى فى الزهرة

– في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة كالتيوليب والبصل ، يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج ، حينئذ يعرف المحيطان الخارجيان بالغلاف الزهرى (Perianth)

■ **الطلع** (Androecium) عضو التذكير ، يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية (Stamens) كل منها مكون من خيط (Filament) يحمل على قمته المتوك Anther الذي يحتوى على أربعة أكياس من حبوب اللقاح (pollen grains).

■ **المتاع** (Gynoecium) عضو التأنيث ، يقع في مركز الزهرة ويتكون من كر بلة واحدة carpel أو اكثر، وتكون قاعدة الكر بلة منتفخة وتعرف بالمبيض ovary الذي يحتوى البويضات ovules، وقد تلتحم الكر ابل أو تبقى منفصلة ، كما قد تحتوى غرفة واحدة Locule آو اكثر . ويعلو المبيض عنق رفيع يسمى القلم ينتهى بقرص لزج يعرف بالميسم stigma تلتصق عليه حبوب اللقاح .

وظائف الزهرة

لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب أولا آن تقوم الأسدية بإعداد حبوب اللقاح ، والمبيض بإعداد البويضات ، ثم تأتى عمليتا التلقيح والإخصاب فتكوين الثمرة والبذور وذلك كما يلي :

أولا" : تكوين حبوب اللقاح :

إذا فحصت قطاعا عرضيا" في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم ، كما في الزنبق مثلا (شكل ١٤) تشاهد احتواءه على أربعة أكياس لحبوب اللقاح ، وقبل أن تتكون حبوب اللقاح أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تسمى الخلايا الجرثومية الأمية.
التى تحتوى على عدد زوجى من الصبغيات (٢ن)

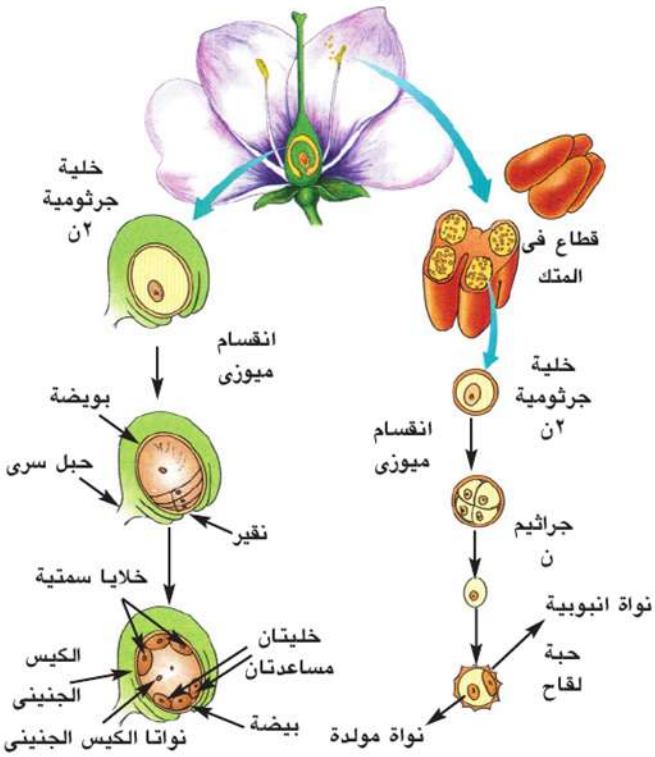
– تنقسم كل خلية من هذه الخلايا انقساما ميوزيا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد (ن) من الصبغيات وتسمى الجراثيم الصغيرة (Microspores) ثم تتحول كل منها إلي حبة لقاح بأن تنقسم النواة انقساما" ميتوزيا إلي نواتين تعرف إحداهما بالنواة الأنبوبية (Tube nucleus) والأخرى بالنواة المولدة (Generative Nucleus) ثم يتغلظ غلاف حبة اللقاح لحمايتها.

– فى هذه الحالة يصبح المتك ناضجاً ، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتح الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .

ثانيا" تكوين البويضات

أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك – تحدث تغييرات مناظرة في المبيض على النحو التالي :

– تبدأ البويضة في الظهور كانتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ،ويحتوى خلية جرثومية أمية كبيرة ، ومع نمو البويضة يتكون لها عنق أو حبل سرى (Funicle) يصلها بجدار المبيض (ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية) ثم يتكون حولها غلافان (Integuments) يحيطان بها تماما فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير (Micropyle) يتم من خلاله إخصاب البويضة.



(شكل ١٤) مراحل نضج المبيض والمتك

– في داخل البويضة تنقسم الخلية الجرثومية الأم (٢ن) ميوزيا لتعطى صفا من أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن) ثم تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا ، وتبقى واحدة لتنمو بسرعة وتكون الكيس الجنينى (Embryo Sac) الذى يحيط به نسيج غذائي يسمى النيوسيلة (Nucellus)

- في داخل الكيس الجنينى تتم المراحل التالية :–

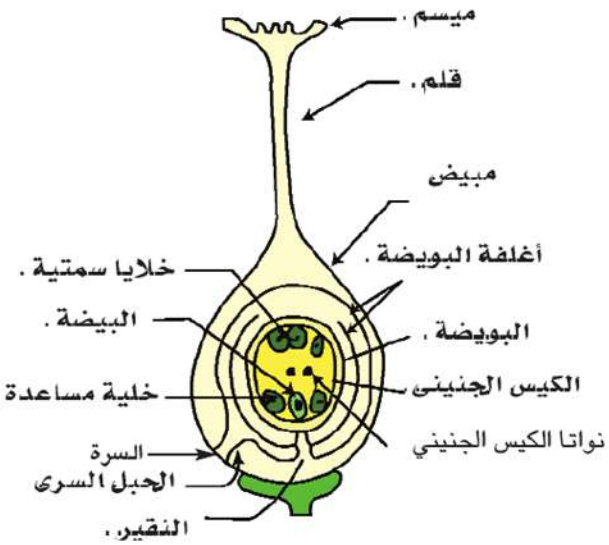
١– تنقسم النواة (ميتوزيا) ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية تهاجر ٤ إلى كل من طرفي الكيس الجنينى.

٢– تنتقل واحدة من كل الأربعة أنوية السابقة إلي وسط الكيس الجنينى وتعرفان بالنواتين القطبيتين (Polar Nuclei) .

٣– تحاط كل نواة من الثلاث الباقية فى كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا .

٤– تنمو من الثلاث خلايا القريبة من النقير واحدة وسطية لتصبح البيضة (egg) وتعرف الخليتان

اللتان على جانبيها بالخليتين المساعدتين (Synergids) كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بالخلايا السمتية (Antipodal Cells) وتصبح البيضة بعد ذلك جاهزة للإخصاب (شكل ١٥).



شكل (١٥) قطاع فى مبيض ناضج

ثالثا : التلقيح والإخصاب :-

أ. عملية التلقيح : هى انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة

- أنواع التلقيح :

١- تلقيح ذاتي : إنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلي ميسم نفس الزهرة أو إلي ميسم زهرة أخرى على نفس النبات

٢- تلقيح خلطي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس النوع.

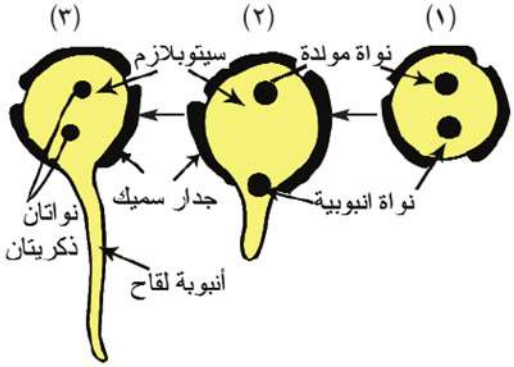
- يشيع التلقيح الخلطى بين النباتات تبعاً لتوافر عوامل معينة مثل
  - آن تكون الأزهار وحيدة الجنس
  - نضج أحد شقى الأعضاء الجنسية قبل الأخر .
  - آن يكون مستوى المتك منخفضاً عن مستوى الميسم .
- يحتاج التلقيح الخلطى إلى وسائل لنقل حبوب اللقاح مثل الهواء – الحشرات – الماء – الإنسان.

ب - عملية الإخصاب :-

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية :

١- إنبات حبوب اللقاح

عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ في الإنبات حيث تقوم النواة الأنبوبية بتكوين أنبوبة لقاح تخترق الميسم والقلم وتصل حتى موقع النقير في المبيض ثم تتلاشى النواة الأنبوبية بينما تنقسم النواة المولدة انقساماً ميتوزياً فيتكون نواتين ذكريتين (شكلى ١٦،١٧)



شكل (١٦) مراحل انبات حبة اللقاح

شكل (١٧) حبة اللقاح تحت الميكروسكوب

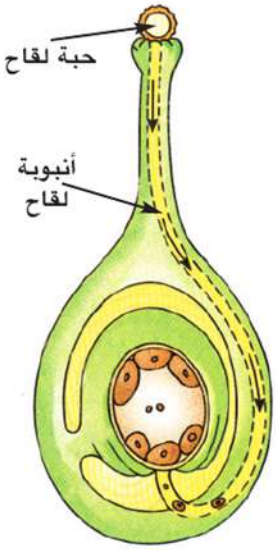
- تنتقل نواة ذكرية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح وتندمج مع نواة البيضة (ن) فيتكون الزيجوت (٢ن) ثم ينقسم مكوناً الجنين (٢ن) شكل «١٨».
- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى (٢ن) لتكوين نواة الأندوسبرم (٣ن) وتعرف المرحلة الأخيرة باسم الاندماج الثلاثي، وتسمي مرحلتى الإخصاب بالإخصاب المزدوج.
- تنقسم نواة الأندوسبرم لتعطى نسيج الأندوسبرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى. ويبقى هذا النسيج خارج الجنين فيشغل جزءاً من البذرة.

نواة ذكرية (ن) + نواة البيضة (ن) ← زيجوت (٢ن) ← جنين (٢ن)

نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنيني (٢ن) ← نواة الإندوسبرم (٣ ن)

٢- تكوين البذرة والثمرة:

- قد يحتفظ الجنين بالأندوسبرم ويظل موجود وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور إندوسبرمية) ومثل بذور ذات الفلقة الواحدة حيث تلتحم فيها أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة وتعرف حينئذ بالحبة مثل القمح والذرة.
- وقد يتغذى الجنين على الأندوسبرم أثناء تكوينه وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور لا اندوسبرمية) مما يضطر النبات إلى تخزين غذاء أخر للجنين في فلقتين مثل بذور ذات فلقتين حيث تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة ويطلق عليها اسم (بذرة) مثال بذور الفول والبسلة.



شكل (١٨) عملية الإخصاب

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا تبقى من الزهرة سوى مبيضها الذى يختزن الغذاء ويكبر في الحجم وينضج ويتحول إلى ثمرة بفعل هرمونات يفرزها المبيض، ويصبح جدار المبيض هو غلاف الثمرة ويصبح جدار البويضة غلافاً للبذرة وتتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السمتية ويبقى النقير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الانبات .

– هناك بعض الثمار التى يمكنها أن تحتفظ بأجزاء من الزهرة مثل :–

- ثمرة الرمان تبقى بها أوراق الكأس والأسدية .
- ثمرة الباذنجان والبلح يبقى بها أوراق الكأس .
- ثمرة القرع يبقى بها أوراق التويج .

- الثمرة الكاذبة : False Fruits

هى الثمرة التى يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء مثال ثمرة التفاح الذى يتشحم فيها التخت

مما سبق نستنتج أن التلقيح يوفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب فى البويضة التى تكون البذرة كما يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحدث إخصاب.

- الإثمار العذرى : Parthenocarpy

هو تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب مثال الموز والأناناس ويمكن حدوث هذا صناعيا برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الاثير الكحولي) أو استخدام اندول أو نافثول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة .

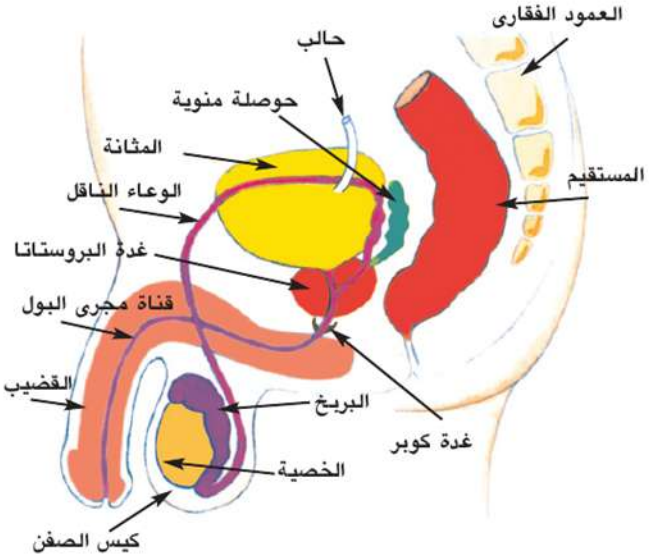
– يؤدى نضج الثمار والبذور غالبا إلى تعطيل النمو الخضري للنبات، وأحيانا إلى موته، وخاصة فى النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المختزنة وتثبيط الهرمونات، فإذا لم يتم التلقيح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة .

التكاثر فى الإنسان

ينتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التى تتميز بحمل الجنين حتى الولادة ، ولذا تكون بويضاتها صغيرة وشحيحة المح ، كما أن إنتاجها للصغار محدود نظرا" لما تلقاه من رعاية الأبوين وتصل هذه الرعاية أقصاها فى الإنسان الذى يحتاج وليده إلى سنوات طوال من التربية ، نظرا" لتقدم عقله وتميز هيئته ، التى حباه الله وميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكرى

يتكون جهاز التناسل الذكرى للإنسان (شكل ١٩) من خصيتين تخرج من كل منهما قنوات البربخ والوعاء الناقل وغدد ملحقة وقناة مجرى البول، ويقوم هذا الجهاز بوظيفة إنتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الذكورة ، التى تسبب ظهور صفات الرجل الثانوية، كخشونة الصوت وقوة العضلات ونمو الشعر على الوجه....الخ



شكل (١٩) الجهاز التناسلى الذكرى فى الإنسان

(أ) الخصيتان : يحاطان بكيس الصفن الذى يتدلى خارج تجويف البطن ، وقد انتقلت الخصيتان إليه من داخل ذلك التجويف وهو جنين فى أشهر الحمل الأخيرة، ويهيى بقائهما فى ذلك الوضع انخفاض درجة حرارتها عن حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية بهما ولو تعطل خروجهما لتوقف إنتاج المنى فيهما مما يسبب العقم .

أهمية الخصية :

١- إنتاج حيوانات منوية

٢- إفراز هرمون التستوستيرون الذى يؤدى إلى ظهور الصفات الثانوية الذكرية عند البلوغ.

(ب) البربخان : تخرج من كل قاعدة خصية قناة تلتف حول بعضها تسمى البربخ وتصب في قناة واحدة تسمى الوعاء الناقل .

(ج) الوعاءان الناقلان : يقوم كل وعاء بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلي مجرى البول.

(د) الحوصلتان المنويتان : تفرز سائل قلوى يحتوي علي سكر فركتوز لتغذية الحيوانات المنوية

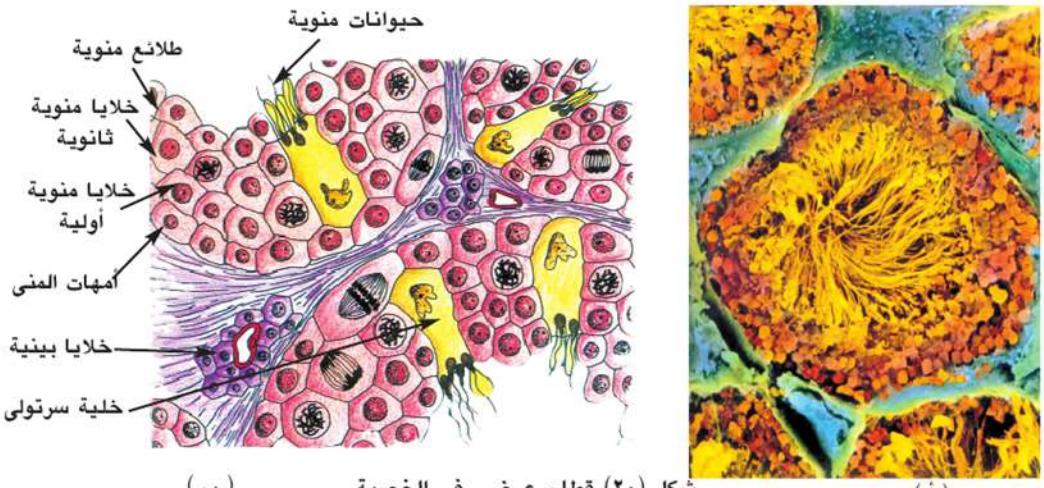
(هـ) غدة البروستاتا وغدتا كوبر : تفرزان سائل قلوى يعمل على معادلة الوسط الحمضى في قناة مجرى البول لكي يصبح وسط متعادل مناسب لمرور الحيوانات المنوية فيه وهذا السائل القلوي يمر في قناة مجرى البول قبل مرور الحيوانات المنوية فيها مباشرة .

(و) القضيب : عضو يتكون من نسيج اسفنجى تمر فيه قناة مجرى البول ، حيث ينتقل من خلالها البول والحيوانات المنوية كلٌ على حدة .

دراسة قطاع عرضى فى الخصية

تتكون الخصية من انيبيبات منوية ، توجد فيما بينها خلايا بينية تفرز هرمون التستوستيرون.

- يوجد داخل كل انيببة منوية خلايا تسمي خلايا سرتولي تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية ويعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضا.
- توجد خلايا مبطنة لكل انيببة منوية تسمى خلايا جرثومية أمية (٢ن) تنقسم هذه الخلايا وتكون في النهاية الحيوانات المنوية (شكل ٢٠ أ،ب)



(ب) شكل (٢٠) قطاع عرضى فى الخصية (أ)

مراحل تكوين الحيوانات المنوية :-

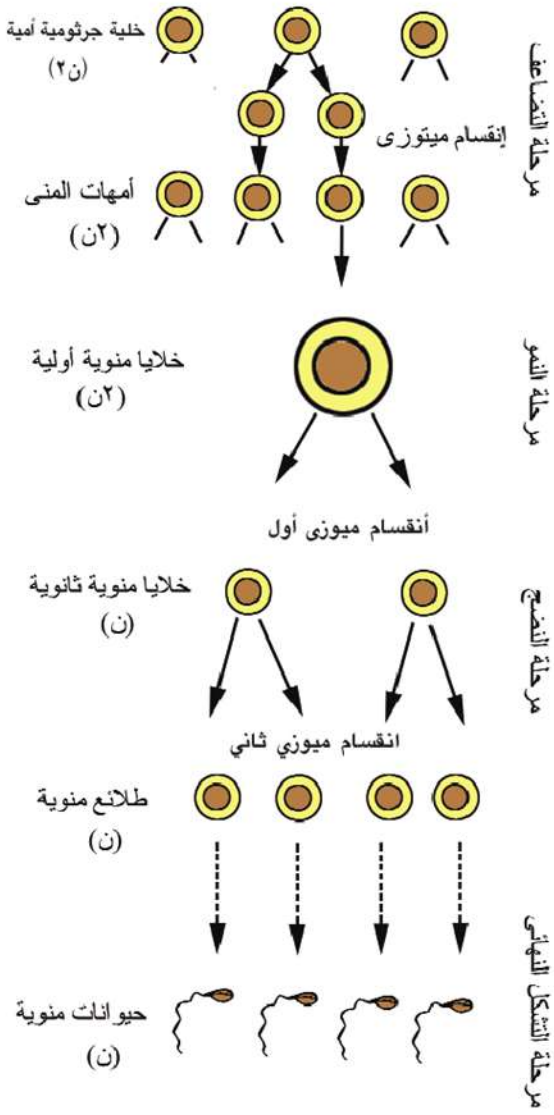
تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية (شكل ٢١) بأربعة مراحل هامة هي :-

(أ) مرحلة التضاعف : هي المرحلة التى يحدث فيها انقسام ميتوزى عدة مرات فى الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) وينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (٢ن) .

(ب) مرحلة النمو : وفيها تختزن أمهات المنى قدراً من الغذاء وتتحول إلى خلايا منوية أولية (٢ن).

(ج) مرحلة النضج : تحدث فى هذه المرحلة انقسام ميوزى اول للخلايا المنوية الأولية (٢ن) فتعطى خلايا منوية ثانوية (ن) التى تنقسم انقسام ميوزى ثان فتعطى طلائع منوية (ن) تلاحظ في مرحلة النضج حدوث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف .

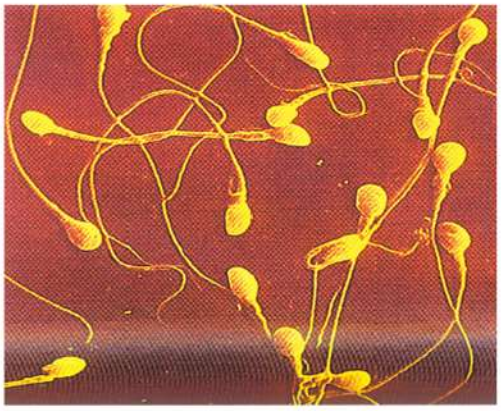
(د) مرحلة التشكل النهائى : وفيها تتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية.



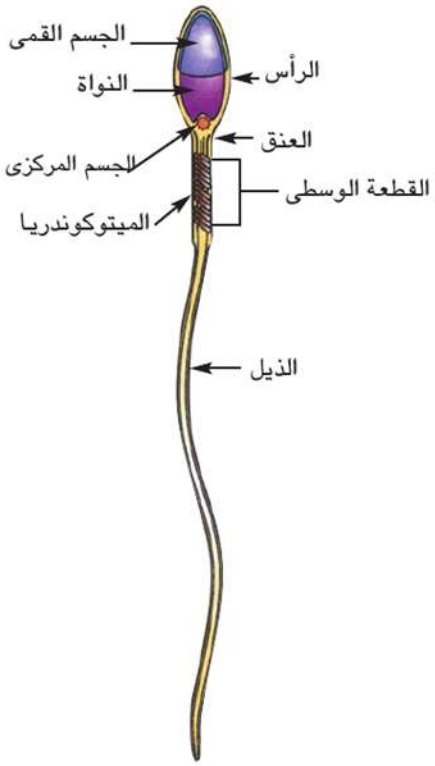
شكل (٢١) خطوات تكوين الحيوان المنوى

تركيب الحيوان المنوى : يتكون من

(أ) الرأس : تحتوى على نواة بها ٢٣ كرموسوم، وفى مقدمة الرأس يوجد جسم قمى Acrosome يفرز إنزيم الهيالويورنيز، ويعمل هذا الانزيم على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل من عملية أختراق الحيوان المنوى للبويضة .



(شكل ٢٢ أ) حيوانات منوية تحت المجهر



شكل (٢٢ – ب) تركيب الحيوان المنوى

(ب) العنق: يحتوى سنتريولان تلعبان دوراً فى انقسام البويضة المخصبة .

(ج) القطعة الوسطى: تحتوى ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوى الطاقة اللازمة لحركته.

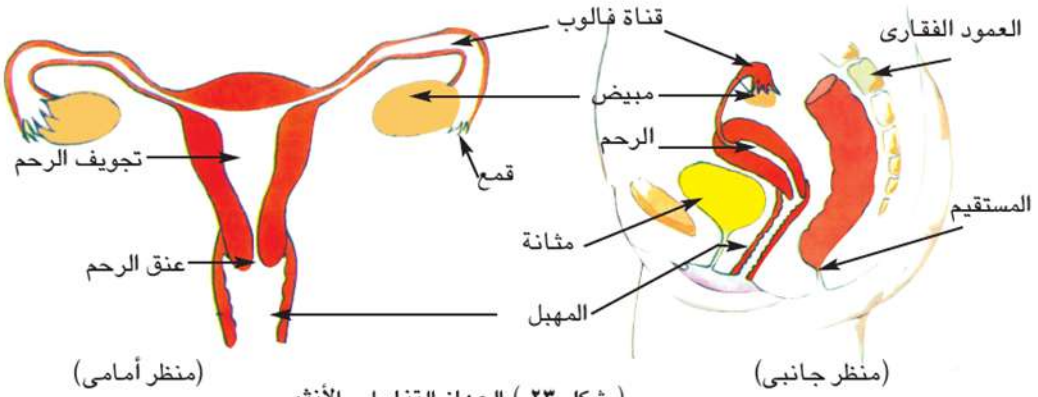
(د) الذيل: يتكون من محور و ينتهي بقطعة ذيليه ،ويساعد على حركة الحيوان المنوى .

الجهاز التناسلى الأنثوى:

يتكون جهاز التناسل الأنثوى للأنسان من المبيضين وقناتى المبيض والرحم والمهبل. ويقوم هذا الجهاز بوظائف إنتاج البويضات و هرمونات الأنوثة .إلى جانب تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة وإيواء الجنين حتى الولادة (شكل٢٣).

وتتجمع أعضاء هذا الجهاز فى منطقة الحوض خلف المثانة ،وتتثبت فى مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين.

أ- المبيضان (Ovaries): يوجدان على جانبى تجويف الحوض . والمبيض بيضاوى الشكل في حجم اللوزة المقشورة ويحوى أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات فى مراحل نمو مختلفة ، وبعد البلوغ تنضج من تلك الآلاف حوالى ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة والتى يمكن أن يحدث بها الإنجاب التى تستمر حوالى ٣٠ سنة بعد البلوغ، وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين



(شكل ٢٣) الجهاز التناسلى الأنثوى

بالتبادل مع الآخر شهريًا يفرز المبيض هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

ب- قناتى فالوب (Fallopian tubes) : تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع ، يقع مباشرة أمام المبيض وذلك لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب بالإضافة لوجود زوائد إصبعية تعمل على التقاط البويضة، وتبطن قناة فالوب بأهداب تعمل على توجية البويضات نحو الرحم .

ج-الرحم (Uterus) : عبارة عن كيس عضلى مرن يوجد بين عظام الحوض و مزود بجدار عضلى سميك قوى ، ويبطن الرحم بغشاء غدى وينتهى بعنق ويفتح فى المهبل . ويتم بداخلة تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر .

د- المهبل : قناة عضلية يصل طولها إلى حوالى ٧ سم ، وتبدأ من عنق الرحم وتنتهى بالفتحة التناسلية ، والمهبل مبطن بغشاء يفرز سائل مخاطى يعمل على ترطيب المهبل ، وبه ثنيات تسمح بتمدده خاصة اثناء خروج الجنين.

تتغير حالة الجهاز التناسلى للأنثى بصفه دوريه بعد البلوغ (عند عمر ١٢–١٥ سنه) تبعاً لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل ، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى المعروف بالطمث .وعند عمر٤٥–٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث (Menopause) .

دراسة قطاع عرضى فى المبيض:

يلاحظ من دراسة القطاع العرضى فى المبيض (شكل ٢٤–أ) أنه يتكون من مجموعة من الخلايا

شكل (٢٤) قطاع عرضى فى المبيض

تكون فى مراحل مختلفة ، وتكون البويضة داخل حويصلة جراف ، وتتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها .

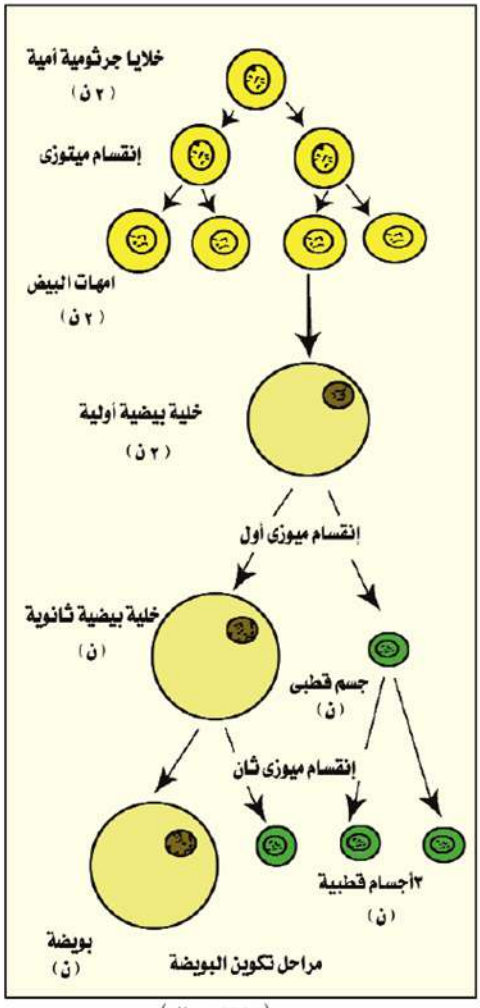
مراحل تكوين البويضة:

تتم عملية تكوين البويضة فى ثلاث مراحل هامة (شكل ٢٥) هى :

(أ)مرحلة التضاعف: تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسام ميتوزى فتتكون خلايا تسمى أمهات البيض(٢ ن) (تحدث هذه المرحله فى الجنين) .

(ب) مرحلة النمو: تختزن أمهات البيض (٢ ن) قدر من الغذاء وتكبر فى الحجم وتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ ن) (تحدث هذه المرحلة فى الجنين).

(ج)مرحلة النضج: تنقسم الخلية البيضية الأولية انقسام ميوزى أول فينتج خلية بيضية ثانوية وجسم قطبى كل منهما (ن) وتكون الخلية البيضية أكبر من الجسم القطبى ، وتنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزى ثانٍ فتعطى بويضة وجسم قطبى وقد ينقسم



(شكل ٢٥)

الجسم القطبى الآخر انقسام ميوزى ثان فينتج جسمان قطبيان وتكون المحصلة ثلاث أجسام قطبية ويتم الانقسام الميوزى الثانى لحظة دخول الحيوان المنوى داخل البويضة لاتمام عملية الاخصاب

تحتوى البويضة سيتوبلازم ونواة و تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك ، وتعمل إنزيمات الجسم القمى للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق ، لذا تحتاج عملية اختراق البويضة إلى ملايين من الحيوانات المنوية.

دورة التزاوج: Breeding Cycle

توجد فى حياة الثدييات المشيمية عامة والتى منها الإنسان فترات معينة ، ينشط فيها المبيض فى الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة،تتزامن مع وظيفة التزاوج والإنجاب فيها فتعرف بدورة التزاوج، وتختلف مدة هذه الدورات فى الثدييات المختلفة فهى سنوية كما فى الأسد والنمر و نصف سنوية كما فى القطط والكلاب، وشهرية كما فى الأرانب والفئران، أما فى الإنسان فتعرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ومدتها ٢٨ يومًا ويتبادل المبيضان فى إنتاج البويضات.

دورة الطمث (الحيض):

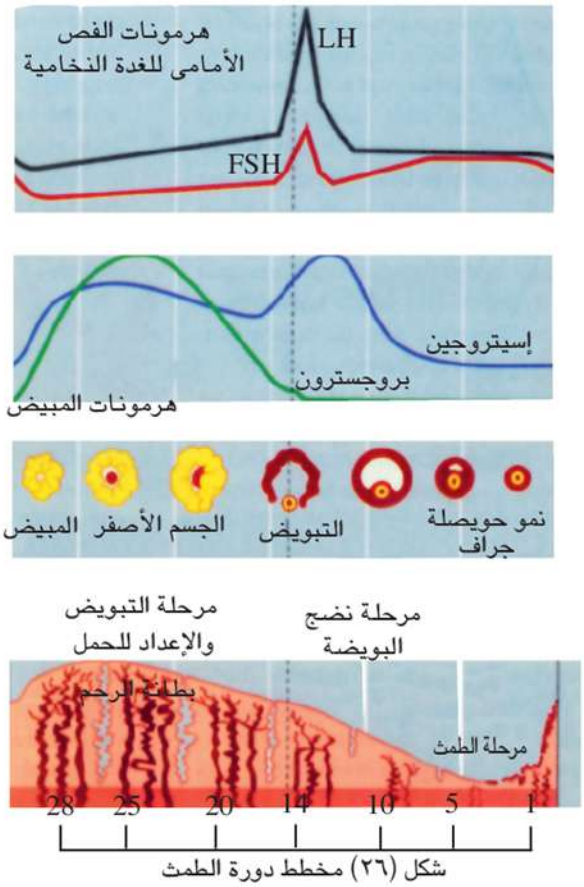
Menstrual Cycle

تنقسم دورة الحيض (شكل ٢٦) إلى ثلاثة مراحل كما يلى :

أ - مرحلة نضج البويضة :

يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون التحوصل (F.S.H) هذا الهرمون يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف (Graafian follicle) المحتوية على البويضة. يستغرق نمو حويصلة جراف حوالى عشرة أيام.

تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الاستيروجين (Estrogen) الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم.



شكل (٢٦) مخطط دورة الطمث

ب-مرحلة التبويض:

تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون المصفر L H هذا الهرمون يُفرز فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث ، ويؤدى إلى إنفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.

يفرز الجسم الأصفر هرمون البروجسترون (Progestrone) ، يعمل هذا الهرمون على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها، يستمر هذا الطور حوالى ١٤ يوم.

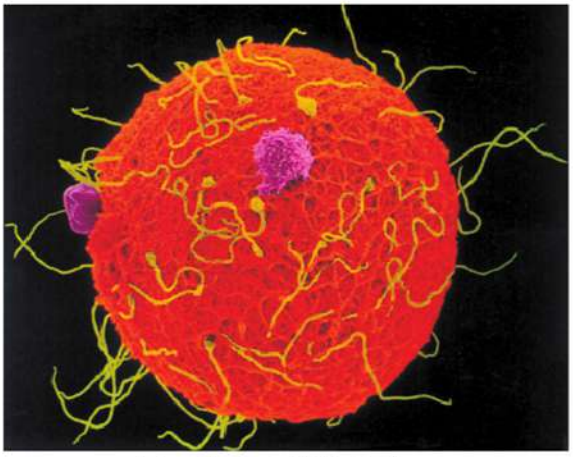
ج- مرحلة الطمث:

إذا لم تخصب البويضة ، يبدأ الجسم الأصفر فى الضمور التدريجى ويقل إفراز هرمون البروجسترون ، ويؤدى ذلك إلى تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدى إلى خروج الدم فيما يسمى"بالطمث" الذى يستغرق من ٣-٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر ،أما فى حالة حدوث إخصاب للبويضة ، يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمونى البروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة ، ويصل الجسم الأصفر لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل ثم يبدأ فى الإنكماش فى الشهر الرابع ،حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها فى الرحم و تصبح قادرة على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هذا الهرمون الذى ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجى ، تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أى قبل إكتمال نمو المشيمة) يؤدى إلى الإجهاض.

الاخصاب:

هو إندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوى) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكون الزيجوت الذى ينقسم مكوناً الجنين.

- بعد تحرر البويضة فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزه للإخصاب فى خلال يومين، ويتم إخصابها فى الثلث



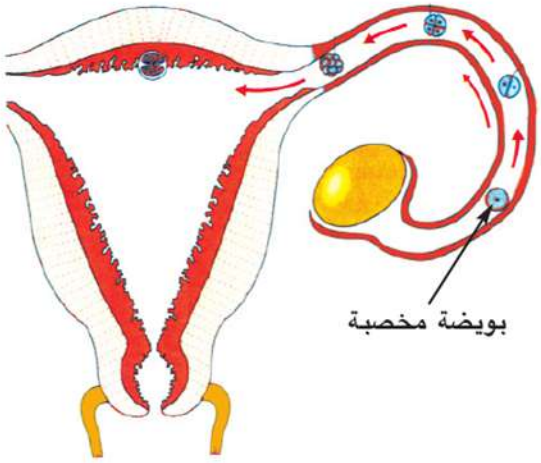
(شكل ٢٧) إخصاب البويضة

الاول من قناة فالوب.

- عدد الحيوانات المنوية التى تخرج من الرجل فى كل تزاوج تتراوح ما بين ٣٠٠-٥٠٠ مليون حيوان منوي يفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة و لذلك قد يعتبر الرجل عقيماً إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوى.
- تشترك الحيوانات المنوية معاً فى إفراز إنزيم الهيالويورنيز ، الذى يذيب جزء من غلاف البويضة فيدخل حيوان منوى واحد .(يدخل الرأس و العنق فقط) (شكل٢٧)
- يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلى المؤنث حوالى ٢-٣ يوم .
- بعد الإخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أى حيوان منوى آخر.

الحمل ونمو الجنين:

تنقسم اللاقحة (الزيجوت) بعد يوم واحد من الإخصاب فى بداية قناة فالوب إلى خليتين (فلجتين) بالإنقسام الميتوزى ثم تتضاعف لأربعة خلايا فى اليوم التالى ، ثم يتكرر الإنقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف بأسم التوتية (Morula)



شكل (٢٨) تفلج البويضة المخصبة

التى تهبط بدفع أهداب قناة فالوب لها لتصل إلى الرحم و تنغمس بين ثنايا بطانه الرحم السميك فى نهاية الأسبوع الأول. (شكل ٢٨).

وتتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموى اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

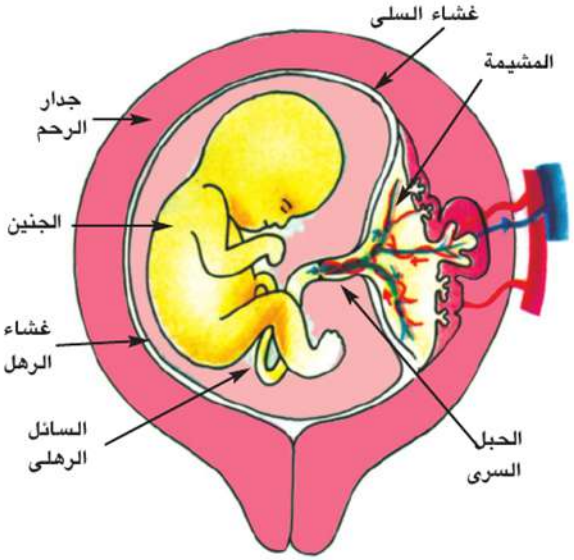
الأغشية الجنينية:

يتزايد نمو الجنين ، ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء و ينشأ حول الجنين غشاءان ، الخارجى يسمى السّلى (Chorion)، والداخلى يسمى الرهل (Amnion).

(أ) غشاء الرهل:

هو غشاء يحيط بالجنين ويحتوى على سائل يحمى الجنين من الجفاف وتحمل الصدمات .

– يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السرى (Umbilical Cord) الذى يصل طوله حوالى ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين و الحبل السرى نسيج غنى بالشعيرات الدموية التى تقوم بنقل المواد الغذائية المهضومة و الفيتامينات الماء والأملاح والأكسجين من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين وتقوم بنقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.



شكل (٢٩) الجنين والأغشية الجنينية

(ب) غشاء السّلى :

هو غشاء يحيط حول غشاء الرهل ، ووظيفته حماية الجنين ، يخرج من غشاء السّلى بروزات أو خملات اصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم و تسمى المشيمة (شكل ٢٩) .

أهمية المشيمة :

١– نقل المواد الغذائية المهضومه و الماء والأكسجين و الفيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار وتخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.

٢– إفراز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمر الجسم الأصفر، وتصبح المشيمة هى مصدر إفراز هرمون البروجسترون .

٣– تنقل المشيمة أيضاً العقاقير و المواد الضارة مثل الكحول و النيكوتين و الفيروسات من دم الأم إلى الجنين ، مما يسبب له أضراراً بالغة و تشوهات وأمراض.

تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاثة مراحل هى :

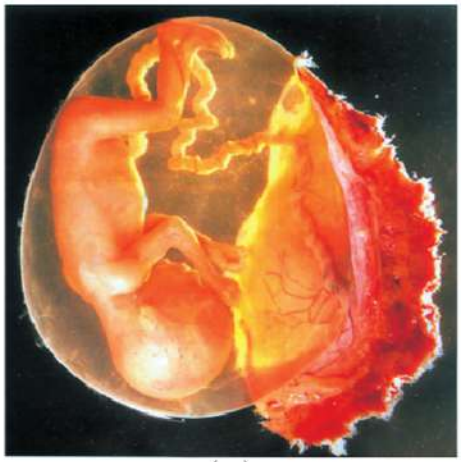
(أ) المرحلة الأولى : وتشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل ، حيث يبدأ تكوين الجهاز العصبي و القلب (فى الشهر الأول) وتتميز العينان و اليدان ، ويتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتين فى الأسبوع السادس و يتكون المبيضين فى الأسبوع الثانى عشر) ويكون له القدرة على الاستجابة.

(ب) المرحلة الثانية : تشمل الشهور الثلاثة الوسطى ، حيث يكتمل نمو القلب و يسمع دقاته ... ويتكون الجهاز العظمى .و تكتمل أعضاء الحس ويزداد فى نمو الحجم (شكل ٣٠) .

(ج) المرحلة الثالثة: تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة، حيث يكتمل نمو المخ ويتباطأ نمو الجنين فى الحجم ويستكمل نمو باقى الأجهزة الداخلية. فى الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروجسترون و يقل تماسك الجنين بالرحم ، إستعداداً للولادة، ثم يبدأ المخاض بإنقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما يدفع بالجنين إلى الخارج و يبدأ بصرخة يعمل على أثرها جهازه التنفسي ، ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتُطرد للخارج ، ثم يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود ، ويتحول غذاؤه

(أ)

(ب)



(جـ)

شكل (٣٠) تكوين الجنين

إلى لبن الأم بتنبيه هرمونى من الغدة النخامية إلى ثدى الأم ، ليفرز فيتغذى الوليد بأثمن غذاء جسدى و عاطفى، يحميه من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية فى المستقبل.

وقد لوحظ أن عمر الأنثى المناسب للحمل ما بين ١٨و٣٥ سنة –فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم و الجنين لمتاعب خطيرة ، كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها، كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدى لنفس النتيجة فى الأبناء .

ملحوظة: تختلف مدة الحمل بإختلاف نوع الكائن :فهى٢١ يوم فى الفأر –١٥٠ يوم فى الأغنام –٢٧٠ يوم فى الإنسان –٣٣٠ يوم فى الماشية – ٩٠٠ يوم فى الفيل .

وسائل منع الحمل :

يتم منع الحمل بعدة طرق:

١- **الأقراص:** تحتوى على هرمونات صناعية تشبة الاستيروجين والبروجيستيرون، يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث و لمدة ثلاثة أسابيع ، تمنع هذه الحبوب عملية التبويض .

٢- **اللولب:** يستقر فى الرحم فيمنع أستقرار البويضة المخصبة فى بطانته .

٣- **الواقى الذكرى:** يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل .

٤- **التعقيم الجراحى :** عن طريق ربط قناتى فالوب فى المرأة أو قطعهما فلا يحدث إخصاب للبويضات التى ينتجها المبيض ،أوتعقيم الرجل بربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما فلا تخرج خلالها الحيوانات المنوية.

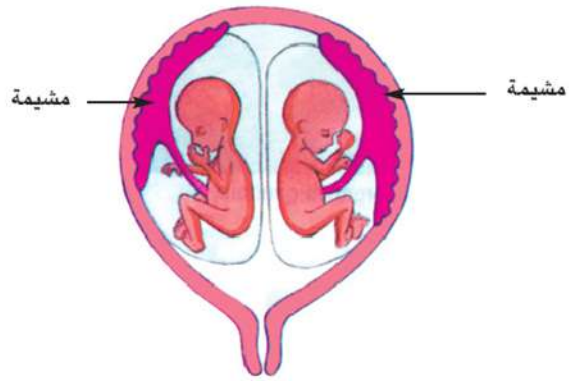
تعدد المواليد :

عادة ما يولد جنين واحد فى كل مره ، وفى بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة فى نفس الوقت ، لكن أكثرها شيوعاً هى التوائم الثنائية، حيث نسبتها العالمية ١:٨٦ ولادة فردية ، وتندر التوائم المتعددة ، وهناك نوعان من التوائم ..

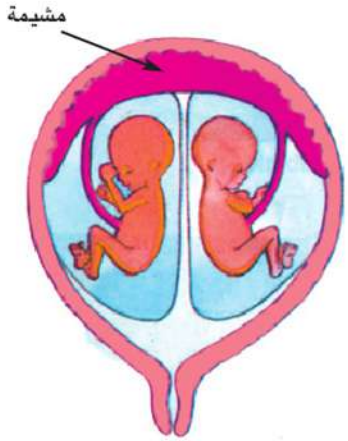
شكل (٣١) توأم متماثل

(أ) توائم متآخية- غير متماثلة (ثنائية اللاقحة) (Dizygotic Twins) :

تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) وإخصاب كل منهما بحيوان منوى على حدة فيتكون جنينين مختلفين وراثياً ولكل منهما كيس جنينى و مشيمة مستقلة (شكل ٣٢) فهما لا يزيدان عن كونهما شقيقين لهما نفس العمر.



شكل (٣٢) توأم غير متماثل



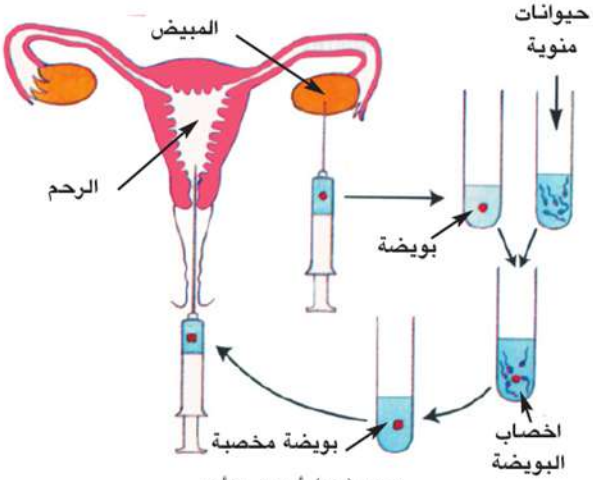
شكل (٣٣) توأم متماثل

(ب) توائم متماثلة (أحادية اللاقحة) (Mnozygotic Twins) :

تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوى واحد ، وأثناء تفلجها تنقسم إلى جزئين، كل جزء منها يكون جنيناً ،تجمعهما مشيمة واحدة (شكل ٣٣) ويكونا متطابقين تماماً فى جميع الصفات الوراثية، وقد يولد هذا التوأم ملتصقين فى مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي ويتم الفصل بينهما جراحياً فى بعض الحالات.

أطفال الأنابيب :

يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوى من زوجها داخل أنبوبة اختبار، ورعايتها فى وسط مغذى حتى تصل إلى مرحلة التوتية ثم يعاد زرعها فى رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين (شكل ٣٤).



شكل (٣٤) أطفال الأنابيب

زراعة الأجنة

أجريت تجارب زراعة الأجنة فى الأرانب والفئران ، بفصل خلايا من اجنتها المبكره جداً ، ثم زرعت كل خلية جنينية منها فى رحم أنثى، لتنمو إلى فرد كامل ، ويمكن اعتبار ذلك تكاثر لا جنسى ، وفى تجربة أخرى أزيل جنينان فى مرحلة مبكرة (بها٨ خلايا)، من فأرين مختلفين وزرعا معاً فى وسط مغذى ثم تم دفعهما معاً لكى يندمجا فى جنين واحد تم زرعه بعد ذلك فى رحم فأرة أخرى فنما حتى ولد عادياً لكنه ناتج من أبوين وأمين بخلاف الأم الحاضنة أو المرضعة .

وتتوالى بحوث زراعة الأجنة حتى تطور عنها زراعة الأنوية (Renucleation) حيث تم بأدوات جراحية غاية فى الدقة – إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة فى مراحل مختلفة من النمو، وزراعتها فى بويضات غير مخصبة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع – فمضت كل منها فى النمو العادى إلى أفراد ينتمون فى صفاتهم للأنوية المزروعه ، وثبت من ذلك أن النواة التى جاءت من خلية من جنين متقدم لا تختلف فى قدرتها على توجية نمو الجنين عن نواة اللاقحة نفسها.

بنوك الأمشاج

توجد فى بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة وخاصة الماشية والخيول، بهدف الحفاظ عليها والإكثار منها وقت الحاجة ،وتُحفظ هذه الأمشاج فى حالة تبريد شديد (–١٢٠° م) لمدةتصل إلى ٢٠ سنة ، تُستخدم بعدها فى التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للأنقراض ، كما يرغب بعض الناس فى الأحتفاظ بأمشاجهم فى تلك البنوك ضماناً لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة ، وتجرى بحوث للتحكم فى جنس المواليد فى حيوانات المزرعة حيث يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) من الأخرى ذات الصبغى (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزى أو تعريضها لمجال كهربى محدود ، وذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم أو إناث فقط لإنتاج الألبان و التكاثر حسب الحاجة. وبعد ذلك – هل ستنجح هذه التقنية فى حالة الإنسان؟

الأنشطة العملية

١- الفحص المجهرى لتبرعم فطر الخميرة .

٢- الفحص المجهرى لفطر عفن الخبز .

٣- فحص فطر عيش الغراب .

٤- فحص الأقتران فى طحلب الاسبيروجيرا مجهرياً.

٥- فحص النبات الجرثومى والنبات المشيجى فى الفوجير.

٦- فحص تركيب زهره نموذجية .

٧- الفحص المجهرى لقطاع فى المتوك و فحص حبوب اللقاح.

٨- الفحص المجهرى لقطاع فى مبيض زهره والتعرف على مكوناته .

٩- فحص بعض الثمار مثل الطماطم والباذنجان و التفاح و الكوسة .

١٢- فحص قطاع فى مبيض فأر أو أرنب .

١٣- فحص قطاع فى خصيه فأر أو أرنب.

١٤- مشاهدة أفلام تتناول مراحل تكوين الجنين داخل الرحم .

أسئلة

س١ اختر الاجابة الأكثر دقة فى الأسئلة التالية:

١- متوسط المدى الذى تظل فيه البويضة حية داخل قناة فالوب

أ-ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٣ ايام

٢- متوسط المدى الذى يظل فيها الحيوان المنوى حى داخل الجهاز التناسلى للأنثى .

أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٢-٣ يوم

٣- تحدث عملية إخصاب البويضة فى ..

أ- الرحم ج- بداية قناة فالوب

ب- النصف الأخير من قناة فالوب د- المبيض

٤- عند المرأة البالغة حيث دورة الطمث ، تستغرق ٢٨ يوم ، يحدث التبويض

أ - فى اليوم التاسع من بدأ الطمث ب - فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث

ج- فى اليوم التاسع من إنتهاء الطمث د- فى اليوم الثانى عشر من بدأ الطمث

٥- إنغماس البويضة المخصبة فى بطانة الرحم يكون بعد

أ - يوم واحد بعد الاخصاب ج- ٧ أيام بعد الاخصاب

ب- ٤أيام بعد الاخصاب د- ٥ ساعات بعد الاخصاب

٦- يفرز هرمون FSH وهرمون LH من :

أ- حويصلة جراف ب- الجسم الأصفر ج - بطانة الرحم د- الغدة النخامية

٧- من وظائف هرمون LH

أ-التبويض ج- نمو الجسم الأصفر

ب- نمو حويصلة جراف د- نمو الغدد الثديية

س٢ (١) من بين المواد التالية: أى منها ينتقل من دم الأم إلى دم الجنين عبر المشيمة؟

أ- جلوكوز ب-الكحولات ج- هرمون الأستروجين د- الأجسام المضادة

هـ- الفيروسات و- خلايا الدم الحمراء ز- الأحماض الأمينية ح- الأكسجين

(٢) الحيوانات المنوية لاتستطيع أن تعيش إلا فى وسط غذائى لأنه لا يمكنها تخزين غذاء بداخلها.

أ – العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .

ب – العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .

ج– العبارتين خاطئتين .

د– العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .

هـ – العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .

(٣) يبدأ إفراز هرمون البروجسترون بعد ثلاثة شهور من حدوث الحمل، لأن المبيض هو الذى يفرز هذا الهرمون بمفرده .

أ – العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما.

ب–العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهم .

ج– العبارتين خاطئتين .

د– العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة.

هـ – العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة.

س٣ من خلال الرسم المقابل وضح :

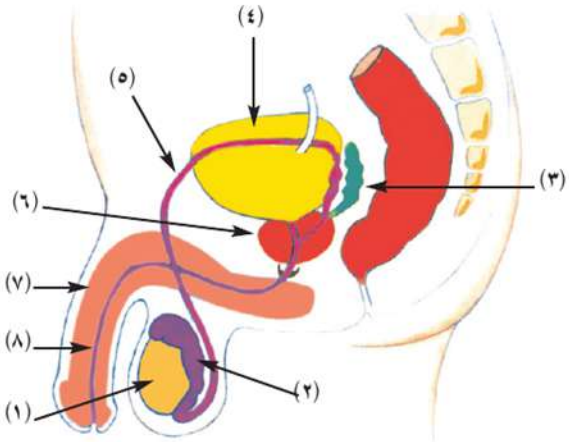
أ – البيانات التى تشير إليها الأرقام

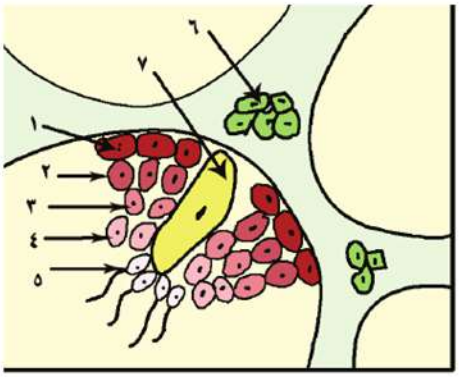
ب – ما الجزء الذى لا يدخل ضمن تركيب الجهاز التناسلى ؟

ج– ما أهمية الجزء رقم (٣) ، (٦)

د– ماذا يحدث إذا كان العضو رقم(١) موجود داخل الجسم ؟ولماذا؟

هـ–ماذا يحدث فى حالة إستئصال العضو (١)؟





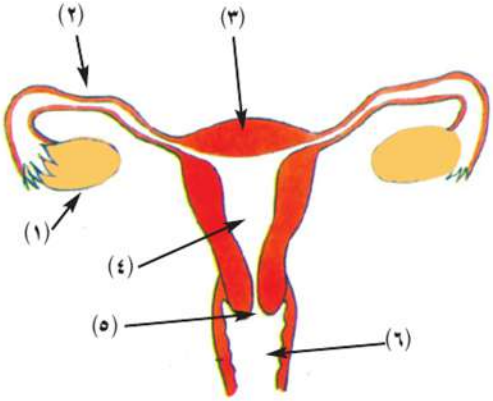
س٤ من خلال الرسم المقابل وضح:

أ – البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب–مراحل تكوين الحيوانات المنوية

ج– اهمية الخلايا رقم (٦)ورقم (٧)

د– وضح بالرسم تركيب الحيوان المنوى مع كتابة البيانات



س٥ من خلال الرسم المقابل وضح :

أ– البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب–ما أهمية العضو رقم (١)، (٤)

ج– أين تحدث عملية الأخصاب ؟

د– ما التغيرات التى تحدث للجزء رقم (٣) أثناء دورة الحيض ؟

هـ– ماذا يحدث عند إستئصال المبيضين من امرأة أثناء فترة الحمل ؟ولماذا؟

س٦ علل لما يأتى :

١– تتكون الحيوانات المنوية فى ذكر النحل بالأنقسام الميتوزى وليس الميوزى.

٢– يلجأ الاسبيروجيرا احياناً للاقتران الجانبى .

٣– يختلف التجدد فى الهيدرا عن التجدد فى القشريات .

٤– يلى الأقتران فى الاسبيروجيرا إنقسام ميوزى.

٥– يضاف خلاصة حبوب اللقاح على مبايض الأزهار .

٦– نواة الاندوسبرم ثلاثية المجموعة الصبغية .

٧– تعامل الحيوانات المنوية للماشية بالطرد المركزى .

٨– أهمية وجود القطعة الوسطى للحيوان المنوى أثناء إخصاب البويضة .

٩– يضمر الجسم الأصفر فى الشهر الرابع من الحمل ومع ذلك لا يحدث الأجهاض.

١٠– يشترط لحدوث الأخصاب أن تكون الحيوانات المنوية باعداد هائلة .

١١– يتضخم جدار الرحم ويصبح غدياً بمجرد إخصاب البويضة .

١٢– وجود الخصيتان خارج الجسم فى معظم الثدييات.

س٧ ماذا يحدث فى الحالات الأتية.....؟

١–ضمور الجسم الأصفر فى الشهر الثانى من الحمل .

٢– وجود الخصيتين داخل الجسم فى الإنسان .

٣- إخصاب بويضتين بحيوانين منويين فى وقت واحد .

س٨ قارن بين :

أ- النبات المشيجى و النبات الجرثومى فى نبات كزبرة البئر

ب- التوالد البكرى والأثمار العذرى

جـ- زراعة الأنسجة وزراعة الأجنة

د- هرمون LH وهرمون FSH

هـ- التوائم المتماثلة و التوائم الشقيقة

س٩ تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثراً جنسياً يعقبة تكاثراً لا جنسياً فى دورة حياتها:

أ -ما هو المصطلح العلمى لهذه العبارة وما مدى الأستفاده منها .

ب - ما سبب أنتشارها بين الطفيليات .

ج-أذكر مثالين أحدهما من عالم النبات والآخر من عالم الحيوان تتضح فيهما هذه الظاهره.

س١٠ يحاط الجنين داخل الرحم بنوعين من الأغشية ما هما ؟وما أهمية كلاً منهما :

س١١ من خلال الرسم المقابل وضح :

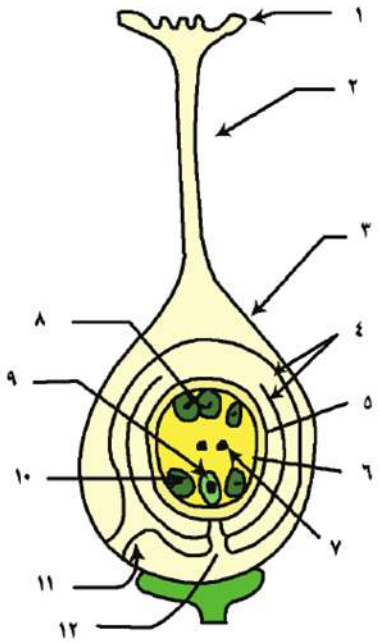
أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام .

ب - كيف تتكون البذرة ؟ وكيف يتحدد نوعها ذات فلقة أو ذات فلقتين ؟

جـ- ماذا يحدث إذا لم تلقح الزهره ؟

د- ماذا يحدث إذا لقحت الزهرة ولم تخصب ؟

هـ- كيف تحصل على ثمار بلا بذور صناعياً ؟



س١٢ أكتب أسم الهرمون الذى يؤدى إلى:

١- نمو حويصلة جراف فى المبيض

٢- أنفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة

٣- ظهور الصفات الثانوية الذكرية

٤-توقف التبويض ونمو بطانة الرحم

س١٣ ما المقصود بكلاً من :

دورة التزاوج- التوالد البكرى - الأثمار العذرى - الأخصاب المزدوج - الجسم الأصفر - الأندماج الثلاثى- الثمرة الكاذبة -الرهل .

س١٤ وضح بالرسم مراحل نضج البويضة فى نبات زهرى لكى تصبح جاهزه للإخصاب.

الباب الثانى

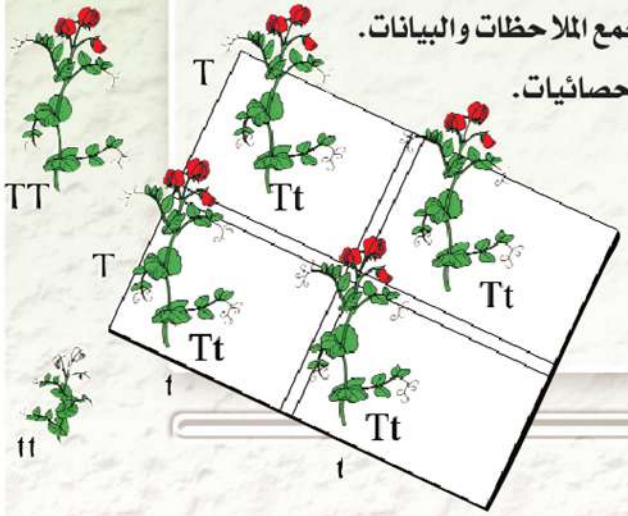
الوراثة فى الكائنات الحية

الفصل الأول

علم الوراثة

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف مفهوم علم الوراثة.
- يذكر قانونى مندل الأول والثانى.
- يفسر قانونى مندل الأول والثانى
- يوضح دور التلقيح الاختبارى فى توضيح الصفات الوراثية السائدة.
- يكتسب مهارة استخدام الرموز للدلالة على مدلول أوصفة معينة.
- يكتسب مهارة التفسير والتحليل على أسس وراثية.
- يكتسب مهارة استنتاج العلاقات بعد جمع الملاحظات والبيانات.
- يكتسب مهارة استخدام الجداول والإحصائيات.



صفحة بيضاء

صفحة بيضاء

نظرة تاريخية

تقدمت دراسة توارث الصفات مؤخرًا حتى أصبحت علمًا يطلق عليه علم الوراثة أحد فروع علم البيولوجى Biology الذى يتعامل مع مجموعة الصفات المتوارثة، وهو يفسر كيفية انتقال الصفات من الآباء والأجداد إلى سلالتهم.

وكان جريجور مندل (Gregor Mendel) (شكل ١) الذى ولد عام١٨٢٢ فى قرية برن بتشيكوسلوفاكيا- والذى عمل قسيسًا بكنيستها- هو أول من أجرى تجارب وفرت إجابات مفيدة لهذه الأسئلة الأساسيةعن مجموعة الصفات المتوارثة، وقام بها فى حديقة هذه الكنيسة الهادئة وبذلك شهدت تلك القرية بداية علم الوراثة الحديث.

شكل (١) العالم جريجور مندل

وفى عصر مندل دلت التجارب التى أجريت فى مجال تربية النباتات والحيوانات الأليفة على أن كلا الأبوين يساهم بقدر فى إكساب نسلهما لخواصهما ثم عرف بعد ذلك أن هذه المساهمات محمولة فى الخلايا التناسلية التى تسمى الجاميتات، وهى مشتقة من الكلمة Gamos اليونانية ومعناها يتزوج، أى الحيوانات المنوية فى الذكر والبويضات فى الأنثى.

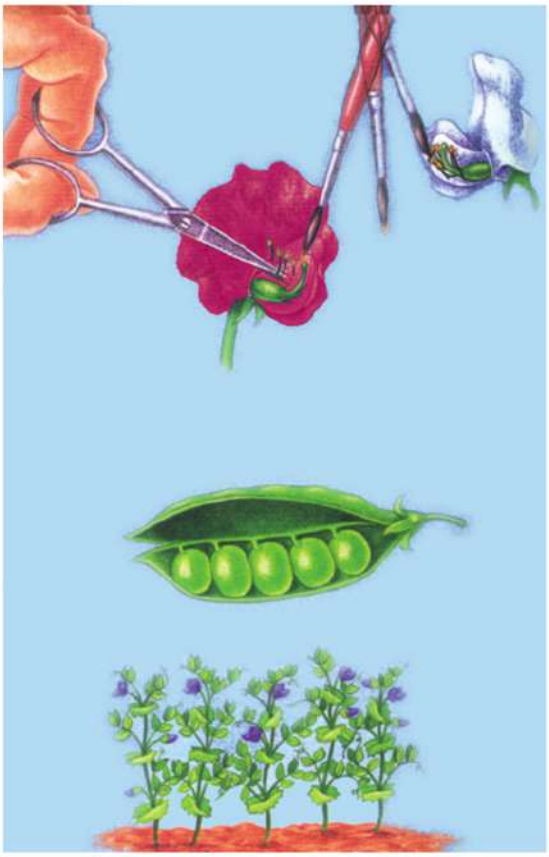
وقد أوضحت النتائج الهائلة للتجارب العديدة التى قام بها مندل أن الصفات الموروثة تحمل فى وحدات منفصلة وتوزع بطرق مختلفة مأمونة فى كل جيل .وقد عرفت تلك الوحدات المنفصلة فيما بعد أنها الجينات.

تجارب مندل:

اختار مندل نبات البسلة التى يزرعها فى حديقة كنيسته لإجراء تجاربه عن مجموعة الصفات المتوارثه.

وكان اختيارًا موفقًا، وذلك أنه: نبات متوافر كما أن بتلات التويج تحيط بالأعضاء التناسلية

لزهرته (الأسدية والكرابل) احاطة تامة حتى بعد أن يتم نضجها، مما يتيح الفرصة، لأن تتلقح الزهرة تلقيحًا ذاتيًا – أى أن حبوب لقاح الزهرة بما تحويه من خلايا تناسلية ذكرية تخصب البويضات أى الخلايا التناسلية الأنثية فى نفس الزهرة بالإضافة إلى أنه فى التجارب يمكن إحاطتها بكيس من الورق زيادة فى التأكد من عدم وصول أى لقاح خارجى إليها – وفى حالة الحاجة إلى أن تتلقح الأزهار خلطيًا فإنه يمكن نزع المتك منها قبل نضجها ثم تحاط بكيس الورق، على أن ينقل إليها اللقاح المرغوب بطريقة صناعية لكى يلقح مياسمها فى الوقت المناسب.



شكل (٢) يوضح تجارب مندل

وقد عبر مندل فى أوراقه عن هذه المواءمة فقال: إن قيمة وفائدة أى تجربة تتحدد بمواءمة المادة للهدف الذى تستخدم من أجله.

ويعزى نجاح مندل فى تجاربه إلى:

أولاً: أنه اختار نموذجًا وأسلوبًا دقيقًا جدًا فى مجموعة التجارب المنطقية، وخطط لتجاربه بعناية ودقة تصور، فقد اختار للدراسة صفات وراثية لفروق واضحة وقاطعة وتجنب الصفات التى قد لا تكون على درجة من الوضوح الكافى قليلاً أو كثيرًا فى النسل.

ثانيًا: أنه لم يقتصر فى دراسته للنسل على صفات نباتات الجيل الأول فقط، بل تعداها إلى صفات نباتات الجيل الثانى والأجيال التالية أيضًا.

ثالثًا: وهو الأكثر أهمية أنه عد النسل ثم حلل النتائج على أسس رياضية، وبذلك كانت فكرة الدراسة الكمية فى المشكلات البيولوجية تطبق لأول مرة حديثًا، وأخيرًا فإنه نظم بياناته

بطريقة تيسر تقويم نتائجه بطريقة سهلة وموضوعية، كما أن التجارب نفسها وصفها بوضوح بحيث تتسنى إعادتها واختبارها بواسطة العلماء الآخرين.

بدأ مندل تجاربه على ٣٢ صنفًا من أصناف نبات البسلة التى درسها لعدة سنوات قبل أن يبدأ فى تجاربه، وكنتيجة لهذه المشاهدات اختار لدراسته ٧ مميزات أو صفات فقط هى التى ظهرت بصورة صفات مختلفة جلية واضحة فى الأصناف المختلفة للنباتات، فمثلاً أنتج صنف واحد من النبات بذور بسلة صفراء اللون بصفة دائمة بينما أنتج آخر بذورًا خضراء بصفة دائمة أيضًا وفى صنف آخر من البسلة أنتج بذورًا مجعدة فى حين أنتج صنف آخربذورًا ملساء وهكذا.

ويطلق على كل زوج من تلك الصفات المتبادلة **" الصفات الأليلومورفية"** كلون البذرة الأصفر والأخضر ولون الزهرة الاحمر والأبيض وطول الساق الطويل والقصير... إلخ

قام مندل بتهجين تجريبى، فأزال الأسدية من بعض أزهار البسلة قبل أن تنضج ثم نثر على مياسمها حبوب اللقاح من متك زهرة من صنف آخر، ثم أخذ البذور الناتجة من هذا الجيل الذى أطلق عليها الجيل الأول وزرعها، فوجد فى نباتاتها أن إحدى الصفتين المتبادلتين قد ظهرت فيه جميعًا بينما اختفت تمامًا الصفة الثانية.

فمثلاً عندما أجرى التهجين بين نباتين : أزهار أحدهما حمراء من صنف ينتج كل أزهاره قرمزية والنبات الآخر أزهاره بيضاء من صنف ينتج كل أزهاره من نفس اللون فإن البذور التى حصل عليها من هذا التهجين أنتجت عندما زرع نباتات (الجيل الأول) أزهارها حمراء اللون ولم تظهر فيها أزهار بيضاء وقد سمى مندل الصفة التى ظهرت فى الجيل الأول صفة سائدة (Dominant Character) والصفة التى لم تظهر بل اختفت الصفة المتنحية (Recessive Character) ثم سأل مندل نفسه " ترى ماذا حدث لهذا الزوج من الصفات المتبادلة أو الأليلومورفية أى لون الأزهار الأحمر والأبيض؟.

وللإجابة عن هذا السؤال سمح مندل لنبات البسلة نفسه أن يؤدى الخطوة التالية من التجربة بأنه سمح للنباتات التى حصل عليها من زراعة بذور الجيل الأول أن تلقح نفسها بنفسها، أى تلقيحًا ذاتيًا فكانت النتيجة أن الصفات التى كانت قد اختفت فى الجيل الأول قد ظهرت ثانية فى الجيل الثانى.

وما حدث هو أن نباتات الجيل الأول ذات الأزهار الحمراء اللون عندما لقحت نفسها تلقيحًا ذاتيًا أنتجت بذورًا عند زراعتها كانت أزهار النباتات الناشئة عنها بعضها بيضاء وبعضها حمراء اللون ، معنى ذلك أن صفة لون الأزهار الأبيض التى اختفت فى الجيل الأول قد ظهرت مرة أخرى فى الجيل الثانى.

وفيما يلى جدول الصفات السبع الإليلومورفية (شكل ٣) التى أجرى مندل تجاربه على نباتات البسلة التى توجد فيها والأعداد التى حصل عليها من كل زوج منها فى الجيل الثانى:

الصفة	السائد	المتنحى	النسبة
لون الزهرة	احمر	أبيض	٢٢٤:٧٠٥
وضع الزهرة	أبطى	طرفى	٢٠٧:٦٥١
لون البذرة	أصفر	أخضر	٢٠٠١:٦٠٢٢
شكل البذرة	أملس	مجعد	١٨٥٠:٥٤٧٤
شكل الثمرة	منتفخ	محزز	٢٩٩:٨٨٢
لون الثمرة	أخضر	أصفر	١٥٢:٤٢٨
طول الساق	طويل	قصير	٢٧٧:٧٨٧

شكل (٣) الصفات الإليلومورفية لنبات البسلة التى أجرى مندل تجاربه عليها

فإذا حللت هذه النتائج الموجودة فى الجدول السابق تحليلاً وصفيًا وكميًا لتبين أن الصفتين السائدة والمتنحية تظهران معًا فى الجيل الثانى بنسب تقرب من ٣:١

وقد تساءل مندل: لماذا اختفت الصفة المتنحية فى كل زوج من هذه الصفات تمامًا فى الجيل الأول ، ثم عادت وظهرت مرة أخرى فى الجيل الثانى؟ ولماذا تظهر الصفتان فى الجيل الثانى بصفة دائمة بنسبة ٣ سائدة:١ متنحية؟

رأى مندل أن ظهور أو عدم ظهور الصفات وظهور الصفتين معًا فى الجيل الثانى لا يمكن تفسيره إلا إذا كانت هذه الصفات الموروثة محكومة بالعوامل الحاسمة (الجينات).

وقد رأى مندل: أن هذه العوامل لا بد أن تكون موجودة فى نباتات الجيل الأول فى صورة زوجية أى عامل واحد ورث من كل أب، وأن هذه الأزواج من العوامل تنفصل مرة أخرى عندما تنتج نباتات الجيل مكتملة النضج خلاياها الجنسية أو التناسلية فى نوعين من الجاميتات (المذكرة والمؤنثة) بعامل واحد من عاملى زوج الصفة الأليلومورفية فى كل نوع منها .

وفرض مندل: أن كل فرد يحمل أزواجًا من العوامل لكل صفة أليلومورفية ، وأن هذه العوامل

تنفصل عن بعضها أثناء تكوين الجاميتات. وقد ذكر أن كل صفة وراثية تمثل بعاملين فى خلايا الفرد ، ينفصلان عن بعضهما تمام الانفصال عند تكوين الأمشاج أو الجاميتات.

القانون الأول لمندل : قانون مندل لانعزال العوامل

إذا اختلف فردان نقيان فى زوج من صفاتهما المتبادلة (الأليلومورفية) فإنهما ينتجان بعد تزواجهما جيلاً به صفة أحد الفردين فقط، ثم تورث الصفتان معًا فى الجيل الثانى بنسبة ٣:١ وبمقتضى قانون مندل، فإن عوامل الصفات الإليلومورفية توجد فى كل فرد فى صورة زوجية، فإنه يحتمل أن يكون عاملاها متماثلين (سواء للصفة السائدة أو للصفة المتنحية) فيسمى الفرد (نقى) أو متشابه اللاقحة (Homozygous)حتمل أن يكون العاملين مختلفان (عامل الصفة السائدة وعامل الصفة المتنحية) فيسمى الفرد (خليطًا) أو متباين اللاقحة (Heterozygous).

استخدام الرموز:

إذا أخذنا إحدى أزواج الصفات الأليلومورفية التى درسها مندل فى تجاربه كطول الساق فى نبات البسلة مثلا، ورمزنا لعامل صفة الطول بالرمز (T) ثم رمزنا لعامل صفة القصر بالرمز (t) فإن نبات البسلة ذات الساق الطويلة النقى أو متشابه اللاحقة (وهو الذى ينتج دائمًا فى أجياله المختلفة نباتات طويلة الساق إذا لقحت أزهاره تلقيحًا ذاتيًا) يكون رمزه (TT) كما أن نبات البسلة ذا الساق القصيرة يكون تركيبه (tt) وهو دائمًا يكون نقيًا أى متشابه اللاقحة، لأن الساق القصيرة فى نبات البسلة لا يظهر إلا إذا كان الفرد نقيًا أى يرمز لجين الصفة السائدة بالحرف الأول من الاسم بالإنجليزية ويكتب كبيرًا (Capital) ويرمز لجين الصفة المتنحية بنفس الحرف السابق ويكتب صغيرًا (Small).

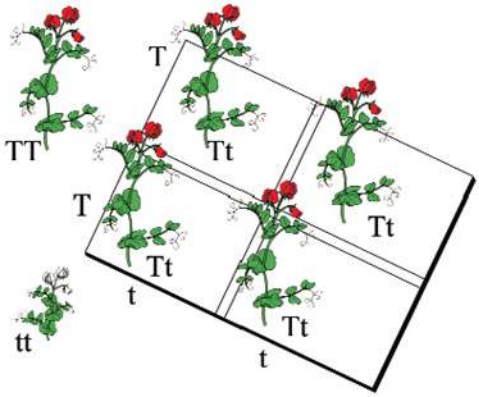
وهناك حروف وعلامات معينة تستخدم عادة عند إجراء التزواج الوراثى، مثل:

- علامة التزاوج X
- علامة الذكر ♂ وعلامة الأنثى ♀.
- الحرف (P) من كلمة (Parents) للدلالة على الأبوين.
- الحرف (G) من كلمة Gametes للدلالة على أمشاج الأبوين.

– الحرف (F1) كلمة (Filial) اللاتينية وتعنى (نسل أو ذرية) وتستعمل للدلالة على الأبناء وهم أفراد الجيل الأول.

– عند حدوث تزاوج بين أفراد الجيل الأول لإنتاج أفراد الجيل الثانى تكون الحروف المذكورة السابقة كما يلى F2,G2,P2 على التوالى.

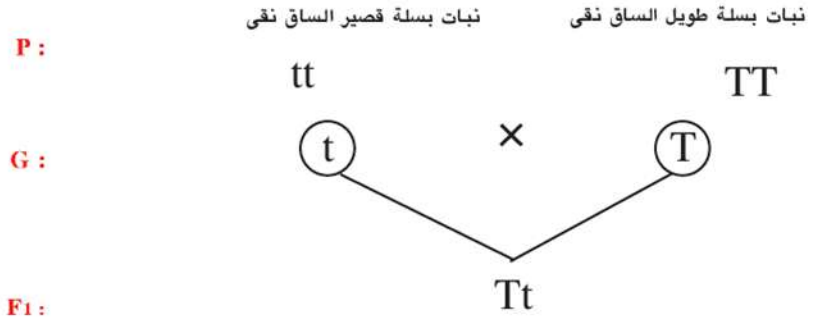
– لتسهيل توضيح نتائج التهجين والاتحادات المحتملة بين الأمشاج الذكرية والأنثوية يستعمل مربع شطرنجى يدعى مربع بونت (Punnett Square) وهذا المربع هو رسم هندسى يشبه رقعة الشطرنج توضع من أعلاه الأمشاج الأنثوية أما الأمشاج الذكرية فتوضع على يسار المربع عموديًا إلى أسفل أو العكس (شكل ٤).



شكل (٤) يوضح تزواج نبات طويل الساق مع نبات قصير الساق (نقى)

مثال: فإذا حدث تهجين بين نبات بسلة طويل الساق نقى بآخر قصير الساق نقى فإن جيل النباتات الناشئ بعد ذلك يكون كله طويل الساق، كما هو موضح بالشكل. فما هى الطرز الوراثية والمظهرية للأبوين وللأفراد الناتجة؟

ويعبر بالرموز كالآتى:



الطرز الجينى (Genotype) للآباء: tt–TTe

الطرز المظهرى (Phenotype) للآباء: طويل نقى – قصير نقى

أفراد الجيل الأول:

الطرز الجينى لجميع الأفراد Tt

الطرز المظهرى لجميع الأفراد طويل الساق هجين.

النسبة: ١٠٠٪ طويل هجين.

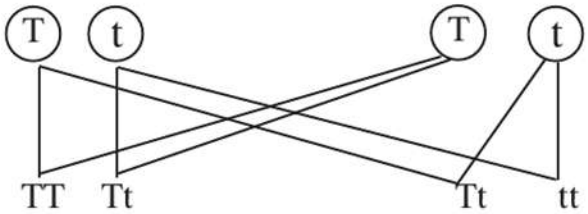
♀ \ ♂	T	T
t	Tt	Tt
t	Tt	Tt

وعندما تستمر التجربة وتترك نباتات الجيل الأول ذات السوق الطويلة لتلقح نفسها ذاتيًا فما هى الطرز الجينية والطرز المظهرية للجيل الناتج منهما (بعد زراعة بذوره)؟

علماً بأن عامل صفة الطول سائد على عامل صفة القصر ويعبر بالرموز عن ذلك كما يلى:

	نبات بسلة طويل الساق هجين		نبات بسلة طويل الساق هجين
P :	Tt	×	Tt

G :



F1 : TT Tt Tt tt

أفراد الجيل الثانى

الطرز الجينية	الطرز المظهرية	النسبة
TT	طويل نقى	٪٧٥
Tt	طويل هجين	
tt	قصير نقى	٪٢٥

النسبة ٣ طويل : ١ قصير

♂ / ♀	T	t
T	TT	Tt
t	Tt	tt

تجارب وأمثلة أخرى لصفات متوارثة

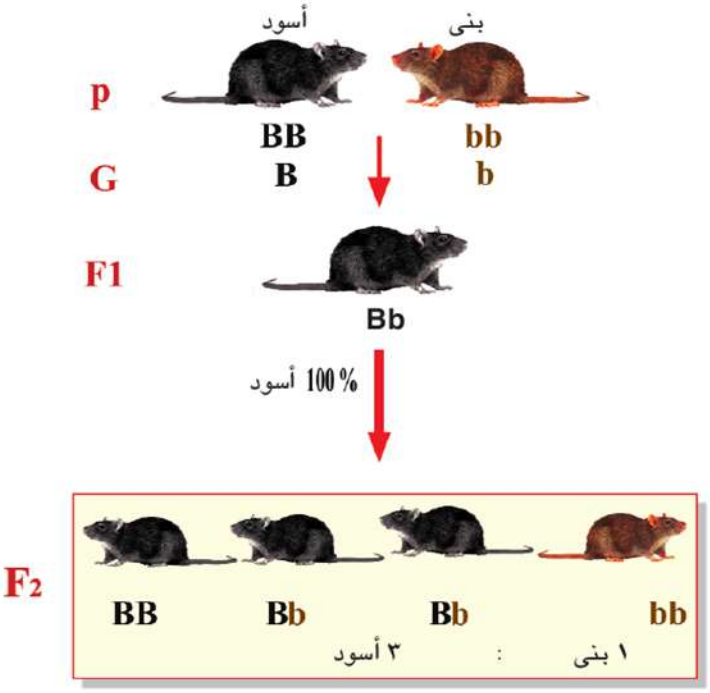
استمر كثير من العلماء والمجربين بعد مندل (ولو أن ذلك تم بعد سنوات طويلة حيث طويت نتائج تجاربه ولم تجد صدى واسعاً أو يلتفت إليها فى حينها) فى دراسة توارث الصفات المختلفة. ولم يقتصر ذلك على النباتات وحدها بل امتدت إلى الحيوان والإنسان.

وقد تبين نتيجة لذلك أن قانون مندل ينطبق على كثير من تلك الصفات الوراثية، وفيما يلى مثال لوراثة إحدى الصفات فى الحيوان.

وراثة اللون فى الفأر:

إذا تزاوج فأر ذكر لونه أسود نقى مع فأر آخر أنثى لونها بنى نقى، فإن أفراد الجيل الأول تكون كلها سوداء اللون – وإذا تركت أفراد الجيل الأول لتتزاوج مع بعضها فإنهما ينتجان أفراد الجيل الثانى، سوداء اللون وبنية اللون بنسبة ١:٣ وهى نفس النتيجة التى حصل عليها مندل فى تجاربه على النباتات.

ولكى نعبر عن هذه التجربة بالرموز فنفترض أن عامل اللون الأسود (B) وعامل اللون البنى (b) الفأر الأسود (BB) الفأر البنى الأم (bb) وتجرى التجربة وتتم على النحو الآتى:



توارث بعض الصفات فى الإنسان:

كما ذكرنا فإن قانون مندل ينطبق أيضًا على وراثة بعض الصفات فى الإنسان ففى شعر الرأس (أسود وبنى – مجعد وناعم – كثيف وخفيف) والعين (بنية وزرقاء – متسعة وضيقة – رموشها طويلة ورموشها قصيرة) حلمة الأذن (حرة وملتحمة) والأنف (قصير وطويل – مقوس ومعتدل).

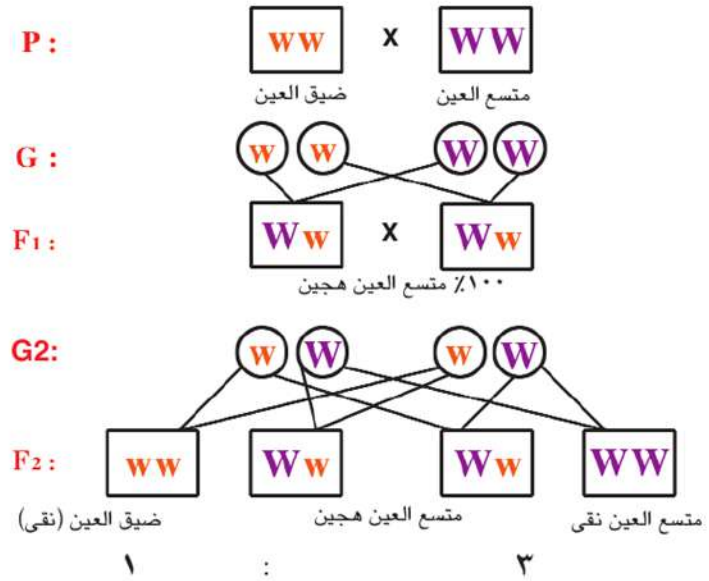
كما تورث أيضا بعض العيوب والأمراض مثل الصم والبكم (متنحى) تفلطح القدم (سائد)، وبروز الفك السفلى (سائد)، قصر أصابع اليد (سائد)، فقد الذاكرة (متنحى)، ارتفاع ضغط الدم (سائد)، العتة (متنحى).. إلخ.

دراسة صفة اتساع العين:

إذا تزاوج رجل متسع العينين (نقى) مع أنثى ضيقة العينين (نقية دائما لأنها صفة متنحية) فإن الجيل الأول الذى ينتج تكون أعينه واسعة.

وإذا حدث وتزاوج أفراد لهم نفس التركيب الوراثى لأفراد الجيل الأول فإن الجيل الثانى الناتج من زواجهما يكون بعض أفراده واسع العينين وبعضه ضيق العينين بنسبة ١:٣.

وفيما يلى تعبير عن ذلك بالرموز (بفرض أن جين اتساع العيون يرمز له (W) أما جين ضيق العين فيرمز له (w)



القانون الثانى لمندل «قانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية».

إن كل ما درسناه من قبل فى تجارب مندل كان قاصرًا على توارث زوج واحد من الصفات المتبادلة تتواجد متشابهة أو متباينة فى الأبوين.

فمثلاً درسنا صفتى طول الساق فى نبات البسلة. ولكن ماذا لو اختلف الأبوان فى نفس الوقت فى زوج آخر من الصفات مثل (لون الزهرة) (بيضاء أو حمراء)؟

فعندما اختار مندل نباتين أحدهما أزهاره حمراء اللون طويلة الساق ونبات آخر أزهاره بيضاء قصير الساق (علماً بأن لون الزهرة حمراء سائد على لون الزهرة البيضاء) وهجنهما معاً وجد أن الجيل الأول كله نباتات أزهارها حمراء طويلة الساق، وعندما ترك مندل أزهار نباتات الجيل الأول تنمو ذاتيا ليحصل علي الجيل الثانى وجد أن نباتاته:

(أ) أزهارها حمراء طويلة الساق.

(ب) أزهارها حمراء قصيرة الساق.

(جـ) أزهارها بيضاء طويلة الساق.

(د) أزهارها بيضاء قصيرة الساق.

وكانت نسبة تلك النباتات ٩:٣:٣:١ على التوالى للصفات المذكورة.

وعند تحليل تلك النتائج بمتابعة وراثة زوج واحد من الصفات يتبين أن:

أولا: فى الجيل الأول:

كل أزهاره حمراء اللون طويلة الساق أى تظهر فيها كل من الصفتين السائدتين فقط.

ثانيًا: فى الجيل الثانى:

١- بالنسبة للون الزهرة:

نسبة عدد النباتات حمراء الأزهار ١٢ بينما عدد النباتات بيضاء الأزهار٤، وتكون النسبة بينهما ١٢: ٤ أى ٣:١.

٢- بالنسبة لطول الساق:

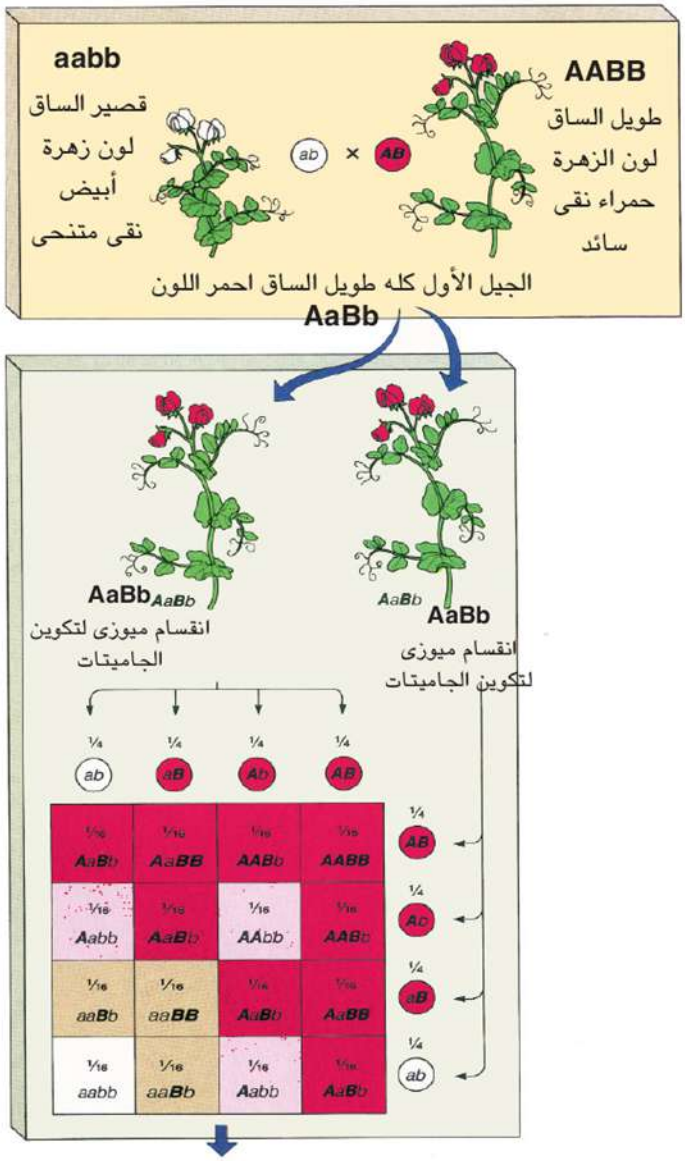
نسبة عدد النباتات طويلة الساق إلى عدد النباتات قصيرة الساق تكون كنسبة ١٢:٤ أى ٣:١.

ويمكن التعبير بالرموز عن ذلك إذا رمزنا لجين لون الزهرة الاحمر (B) لجين لون الزهرة الأبيض (b) ولجين الطول (A) ولجين القصر (a).

وقد دلت التجارب والدراسات المتعددة التى أجريت على وراثة زوجين آخرين من الصفات أنه يكون لهما نفس السلوك.

وبالمثل أيضًا فإنه إذا اختلف فردان فى أكثر من صفتين متبادلتين فإن كل صفة منها تورث كما لو كانت صفة مستقلة.

وقد استنتج مندل من كل ذلك قانونه الثانى المسمى «قانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية» إذا تزاوج فردان مختلفان فى زوجين أو أكثر من الصفات المتبادلة فتورث صفتا كل زوج منهما مستقلة وتظهر فى الجيل الثانى بنسبة ٣:١.



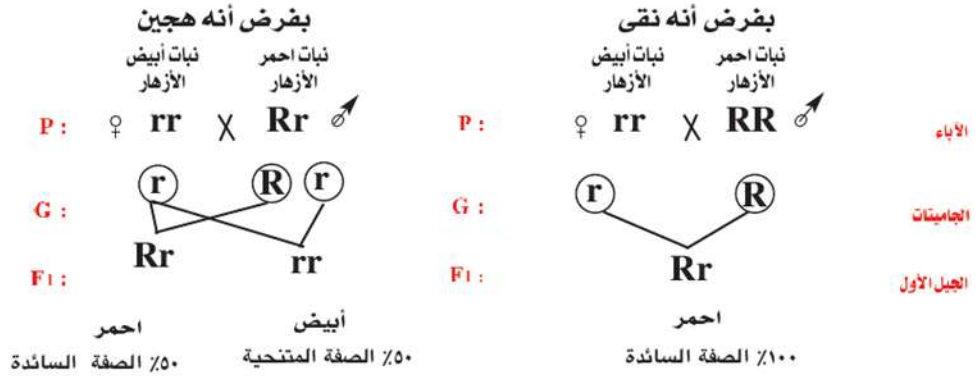
الطرز الجينية	٩	:	٣	:	٣	:	١
الطرز المظهرية	طويل الساق احمر		طويل الساق أبيض		قصير الساق احمر		قصير الساق أبيض

التلقيح الاختبارى

واصل مندل تجاربه على نبات البسلة، وفى إحدى تلك التجارب هجن أزهار نباتات لونها أبيض بأخرى أبيض أيضًا فكان النسل كله أبيض، ودله ذلك على أن خلايا تلك الأزهار نقية أو متشابهة اللاقحة.

وعندما كرر نفس التجربة على صفات أخرى توصل إلى أن أى صفة متنحية تظهر فى أى فرد فإنه يكون نقيا بالنسبة لهذه الصفة ومن ثم فإنه يسهل التعرف على الأفراد ذات الصفة المتنحية النقية.

وعندما هجن نبات يحمل أزهارا ذات لون احمر مع نبات آخر يحمل أزهار بيضاء اللون نتج عنهما جيل نصف أفراده ذات أزهار حمراء ونصفها الآخر بيضاء.يدل ذلك على أن الأزهار حمراء هجين أما إذا نتج عن التهجين أزهار جميعها حمراء اللون يدل ذلك على أن الأزهار حمراء نقية..

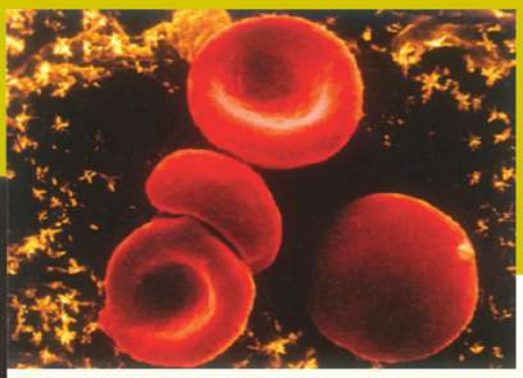


وبتحليل هذه النتائج توصل مندل إلى إمكان التعرف على زوج العوامل لأى صفة أليلومورفية توجد فى الفرد.

فإذا ظهرت الصفة المتنحية فى فرد كان نقيا أو متشابه اللاقحة بالنسبة لعاملى تلك الصفة المتنحية.

أما إذا كان الفرد تظهر فيه الصفة السائدة فإنه إما أن يكون نقيا متشابه اللاقحة أو خليطاً متباين اللاقحة.

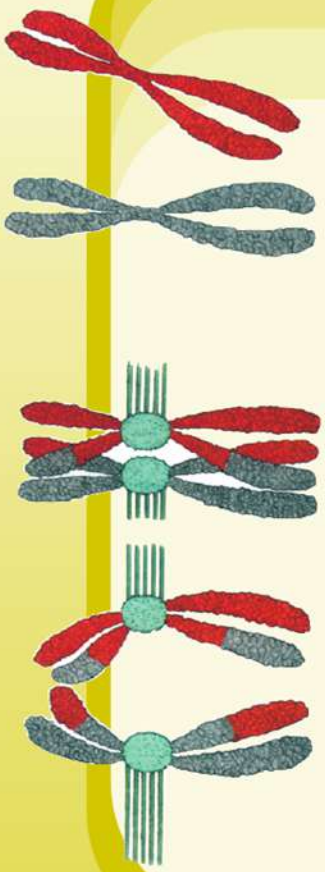
فإذا لقح بفرد به الصفة المتنحية ونتجت أفراد كلها تظهر فيها الصفة السائدة فإنه يكون نقيا متشابه اللاحقة – أما إذا نتجت أفراد نصفها تظهر فيه الصفة السائدة ونصفها الآخر فيه الصفة المتنحية فإن هذا الفرد يكون خليطاً أو متباين اللاقحة. وقد عرف هذا الأسلوب من التجارب «بالتلقيح الاختبارى».



الوراثة فى الكائنات الحية

الفصل الثانى

تداخل فعل الجينات



فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يتعرف مفهوم انعدام السيادة.
- يميز بين السيادة التامة وانعدام السيادة.
- يفسر مفهوم الجينات المتكاملة.
- يوضح دور الجينات المميتة فى تغيير النسب المندلية.
- يذكر مثال يوضح ظاهرة تعدد البدائل.
- يفسر معنى الإرتباط.
- يميز بين الجينات المستقلة والجينات المرتبطة.
- يفسر مفهوم الارتباط التام وغير التام.
- يوضح مفهوم العبور.
- يرسم خريطة صبغية.

١- انعدام السيادة (Lack of Dominance) :

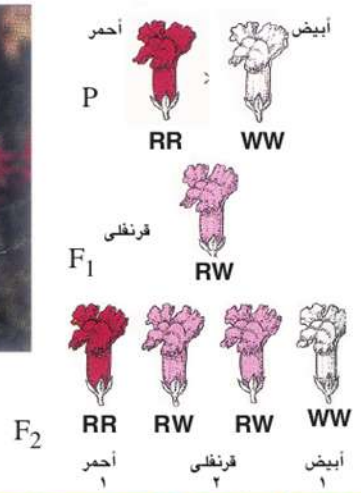
فى جميع الأمثلة التى ذكرت من قبل رأينا أنه فى حالة تهجين فردين نقيين (متشابهى اللاقحة) أحدهما تظهر فيه الصفة السائدة والثانى تظهر به الصفة المتنحية وعندما ينشأ الجيل الأول تظهر فى أفراده دائما الصفة السائدة، بينما تختفى الصفة المتنحية تماما ولا شك أن ذلك يعنى أن الصفة السائدة تسود تماما على الصفة المتنحية وتحجبها تماما، وقد سميت مثل تلك الصفات صفات مندلية أو تامة السيادة ومثلها فى نبات البسلة مثلا لون الزهرة وطول الساق ولون البذرة ومدى امتلائها... إلخ وفى الحيوان لون جلد الفأر أو الخيول أو المواشى أو الكلاب وفى الانسان لون العين وحالة الشعر...الخ.

على أنه باستمرار الملاحظة واجراء التجارب، على نباتات وحيوانات أخرى تبين أن بعض صفاتها لا يورث وفقا لما توصل اليه مندل أو بمعنى آخر يتعارض مع قانونه، ففى نبات "شب الليل" مثلا اذا هجن نبات أزهاره حمراء مع نبات أزهاره بيضاء فإن الجيل الأول الناتج منهما لا تظهر فيه أى من تلك الصفتين إذ تكون أزهاره لا هى حمراء ولا هى بيضاء وانما تكون قرنفلية ويعنى ذلك أن اللون الأحمر للأزهار لا يسود على اللون الأبيض، فكل من الجينين يحدث أثره.

إذا تركت الأزهار لكى تلقح ذاتيا فإن الجيل الثانى الذى تنتجه تظهر فيه أزهار حمراء وأزهار قرنفلية وأزهار بيضاء بنسبة :١:٢:١ (شكل ١).

ويمكن التعبير عن هذه الحالة بالرموز على النحو التالى: بالرمز (R) لجين اللون الأحمر ولجين الأبيض (W). رمزنا لكل جين بحرف مختلف (**Capital**) لعدم سيادة أحدهما على الآخر.

أزهار حمراء　　أزهار قرنفلية　　أزهار بيضاء



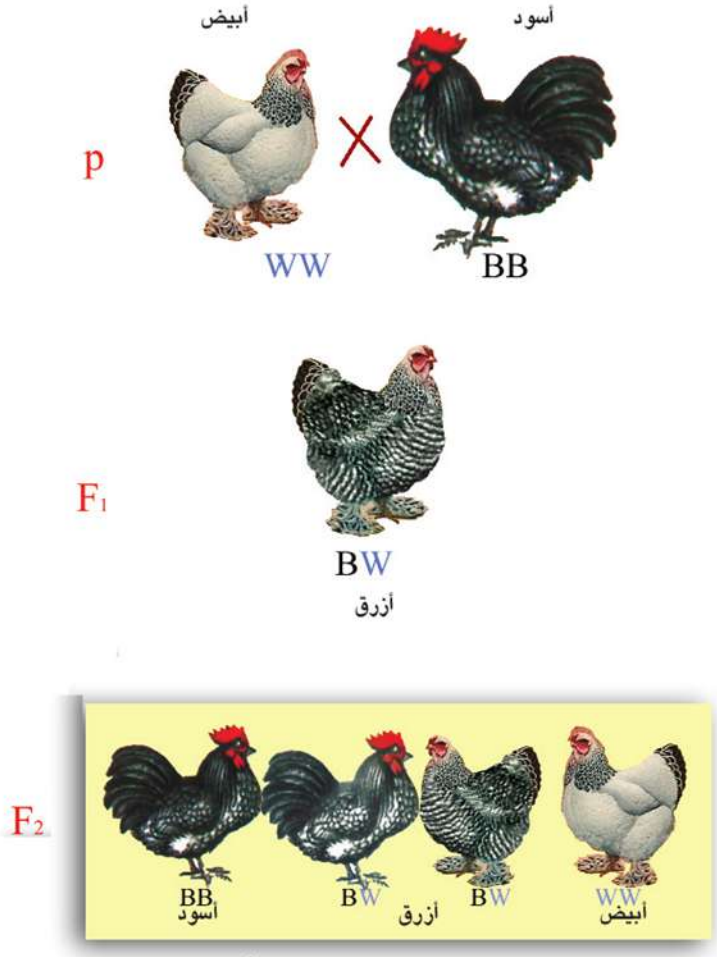
شكل (١) انعدام السيادة

ويلاحظ أنه فى حالة إنعدام السيادة يمكن التعرف على التركيب الوراثى لكل فرد بسهولة ففى حالة وراثة لون الزهرة فى شب الليل تكون النباتات حمراء الأزهار (RR).

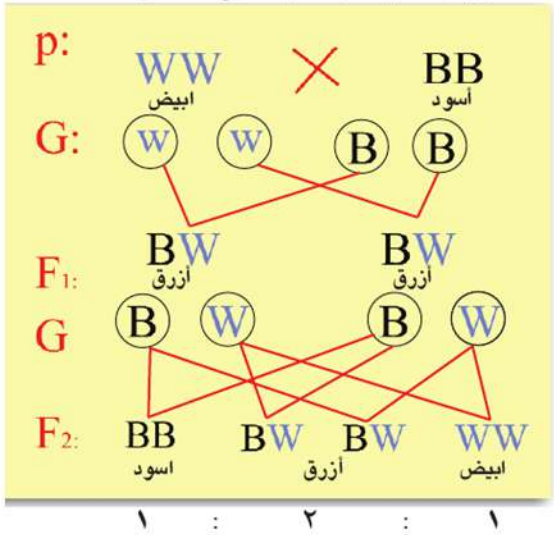
نقى أما الأفراد الخليط فيكون لونها قرنفلى (RW) أما الأزهار البيضاء (WW).

ومثل هذه الصفات الغير مندلية تظهر أيضا فى الحيوان ففى الدجاج الأندلسى عند توارث صفة اللون الأسود والأبيض يظهر الجيل الأول كله أزرق اللون فلا هو أسود ولا هو أبيض وفى الجيل الثانى عندما يلقح ديوك الجيل الأول دجاج نفس الجيل نتج ديوك ودجاجات بعضها أسود وبعضها أزرق وبعضها أبيض بنسبة ١:٢:١ شكل (٢).

ويعبر عن ذلك بالرموز حيث (B). تشير الى جين اللون الأسود (W). تشير إلى جين اللون الأبيض.



شكل (٢) انعدام السيادة فى الدجاج الأندلسى



٢-الجينات المتكاملة (Complementary Genes) :

بعد تلقيح سلالتين من بسلة الزهور ذات أزهار بيضاء كانت أزهار الجيل الأول كلها بنفسجية اللون، وفى الجيل الثانى حدث انعزال بنسبة ٩ بنفسجية : ٧ بيضاء.

وتؤيد هذه النسبة وجود زوجين من الجينات تؤثر فى لون الأزهار. فلو رمزنا الى أحدهما برمز (A). للسائد و(a) للمتنحى، وللزوج الآخر برمز (B). للسائد و (b). للمتنحى فيكون تركيب الأبوين aaBB وAAbb وكلاهما أبيض، ويصبح تركيب الجيل الأول الملون Aa Bb ، وتتوزع أفراد الجيل الثانى كما يلى:

	P	أبيض AAbb		أبيض aaBB
	G	Ab		aB
	F_1		AaBb بنفسجى	
G_2	AB	Ab	aB	ab
	AB	Ab	aB	ab

F_2	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB بنفسجى	AABb بنفسجى	AaBB بنفسجى	AaBb بنفسجى
Ab	AABb بنفسجى	AAbb أبيض	AaBb بنفسجى	Aabb أبيض
aB	AaBB بنفسجى	AaBb بنفسجى	aaBB أبيض	aaBb أبيض
ab	AaBb بنفسجى	Aabb أبيض	aaBb أبيض	aabb أبيض

جدول توارث الجينات المتكاملة

وظهور هذه النسبة ٩ بنفسجية : ٧ بيضاء يؤكد تأثر هذه الصفة بزوجين من الجينات، وتدل فى حقيقتها على تحوير فى النسبة المندلية ٩ : ٣ : ٣ : ١ حيث أن الطرز الجينية الثلاثة الأخيرة لها نفس الطرز المظهرى.

ولكى يظهر اللون البنفسجى على الأزهار لابد من اجتماع زوجين من الجينات بصورة سائدة (نقية أو هجينة)، أما لو وجد زوج واحد منهما فى صورة سائدة والآخر متنحى، أو وجد معا بصورة متنحية كان الناتج أبيض اللون.. وعلى ذلك فان كلا الزوجين من الجينات يشاركان فى انتاج اللون. حيث تتحكم كل منهما فى انتاج انزيم معين يؤثر فى جزء من خطوات تكوين صبغة اللون، بحيث لو

تخلف أحد الجينين السائدين،لا تكتمل تلك الخطوات فتظهر الأزهار بيضاء.

وقد ثبت صحة هذا التفسير بالتجربة، عند خلط مستخلص من أزهار كلا السلالتين البيضاء فى أنبوبة اختبار، فظهر اللون البنفسجى نتيجة وجود كل الأنزيمات واكتمال التفاعل.

٣- الجينات المميتة (Lethal Genes):

توجد فى بعض الأحياء النباتية والحيوانية وحتى الإنسان – بعض الجينات الوراثية التى لو وجدت بصورة نقية أو متماثلة – تسبب تعطيل النمو، وتوقف الحياة فى مراحل مختلفة من العمر لربع النسل غالبا – ولذا تسمى بالجينات المميتة ومن أمثلة هذه الجينات:

أنيميا الخلايا المنجلية فى الإنسان (Sickle -cell anaemia):

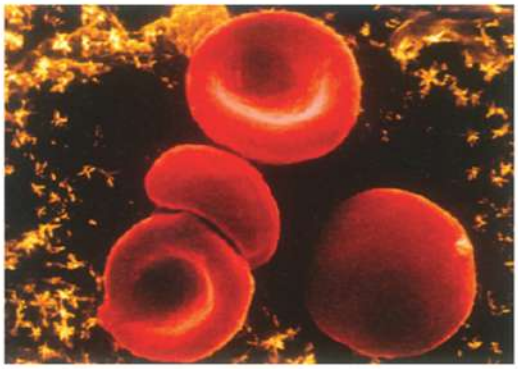
ينشأ هذا المرض عن حدوث خلل وراثى فى الجين المسئول عن بناء الهيموجلوبين فى كريات الدم الحمراء، ينتج عنه تغير فى تركيبه، فيسبب انطواء الكريات الحمراء و تقوسها على شكل هلال أو منجل (شكل ٣) فلا تتمكن من حمل الأكسجين فى التنفس. مما قد يسبب الموت للمريض،

وإذا رمزنا لجين الهيموجلوبين العادى (S) ويقابله (s) للمريض يكون التوارث مايلى :

	شخص حامل للمرض		شخص حامل للمرض
P :	Ss		Ss
G :	S s		S s
F1 :	SS شخص سليم	Ss حاملان لجين المرض	Ss ss مريض ويموت

تكون الأفراد (SS) لديها هيموجلوبين عادى (شكل ٤)، وأما الأفراد الهجينية (Ss) فتكون حاملة للمرض، وتظهر عليها الأعراض عند بذل مجهود كبير، أو عند نقص الأكسجين، لكن الأفراد (ss) تموت عادة قبل البلوغ.

شكل (٣) خلايا دم حمراء منجلية



شكل (٤) خلايا دم حمراء طبيعية

وهذه الحالة الوراثية مثال للسيادة غير التامة ، حيث يتميز الطرز الجينى الهجين بطرز مظهرى واضح عند نقص الأكسجين فقط (فيم يختلف ذلك عن حالة انعدام السيادة ؟).

٤ - تعددالبدائل (Multiple Alleles) :

بعض الصفات الوراثية يتحكم فيها أكثر من زوج من البدائل، فيما يعرف بتعدد البدائل ولكن نصيب الفرد فيها لا يتجاوز زوجا واحدا من تلك البدائل، يحتل نفس الموقع على الصبغى الخاص به فى خلايا الأفراد المختلفة.

فصائل الدم فى الإنسان

توصل العلماء بعد حدوث مضاعفات سيئة نتيجة نقل الدم لبعض المصابين إلا أن دماء البشر تختلف فى بعض الخصائص، وأمكنهم تصنيفها إلى فصائل أربعة هى B,A,O,AB ، كما اتضح أن هذه الفصائل يتم توارثها من الآباء تبعا لظاهرة تعدد البدائل.

فهناك ثلاثة بدائل لوراثة فصائل الدم ويرمز لها بالرموزO,B,A ويتكون منها ستة طرز جينية هى OO,AB,BO,BB,AO,AA وحيث أن البديل O متنحى بالنسبة لكل من B,A فيوجد أربعة طرز مظهرية فقط هى الفصائل O,AB,B,A كما سبق ، وعلى ذلك تسود كل من الفصيلة B,Aعلى O كما تنعدم السيادة بينهما بظهور المجموعة AB ويمكن تحديد الطرز الجينية من متابعة الطرز المظهرية للأبوين والأبناء.

ويفيد ذلك فى تحديد الأبوة المتنازع عليها، أو نسب الأطفال لآبائهم الحقيقيين.

ويوضح المثال التالى حالة اختلاط طفلين حديثى الولادة بأحد المستشفيات، وينتمى كل منهما إلي إحدى العائلتين التاليتين:

العائلة الأولى: فصيلة دم الأبوين AB, A وفصيلة الطفل O .

العائلة الثانية: فصيلة دم الأبوين O,B وفصيلة الطفل B.

وبمعرفة قواعد وراثة فصائل الدم فإن العائلة الأولى لا يمكن أن تنجب طفلا من الفصيلة O، أما العائلة الثانية فيمكنها إنجاب كل من B و O، ولهذا يمكن نفى نسب الطفل الأول (O) للعائلة الأولى، كما لا يمكن إثبات نسبه أو حتى نسب الطفل الثانى (B) إلى أى عائلة منهما، ورغم ذلك فقد دلت دراسة الفصائل على نسب كل من الطفلين إلى عائلته الصحيحة.

وبذلك يتضح أن معرفة الفصائل الدموية فى مثل هذه القضايا يفيد فى نفى الأبوة وليس إثباتها، كما تستخدم معلومات الدم فى دراسات تصنيف السلالات البشرية إلى جانب عمليات نقل الدم.

ويمكن نقل دم من أفراد نفس الفصيلة أو بين فصائل أخرى وفق نظام محدد، وذلك بسبب وجود مواد مولدة (antigens) علي سطح الكريات الدموية الحمراء، ومواد مقابلة لها فى البلازما تعرف بالأجسام المضادة (antibodies) ففى الفصيلة (A) توجد مادة مولدة (A) علي الكريات الدموية، ومادة مضادة (B) في البلازما، وفي الفصيلة (B) توجد المادة المولدة (B) والمضادة (A) ، أما الفصيلة (AB) فتوجد المادة المولدة (A) و(B)ولا توجد مواد مضادة بينما الفصيلة (O) لاتحتوى مواد مولدة لكنها تحتوى المضادة (A) و (B) .

ويلخص الجدول التالى بيانات فصائل الدم:

الفصيلة	الطرز الجينى	المادة المولدة	المادة المضادة	تعطى فصيلة	تستقبل من فصيلة
A	AA أوAO	A	anti - B (b)	A, AB	A, O
B	BB أوBO	B	anti-A (a)	B,AB	B,O
AB	AB	A,B	-	AB	جميع الفصائل
O	OO	-	anti - B anti-A (ab)	جميع الفصائل	O

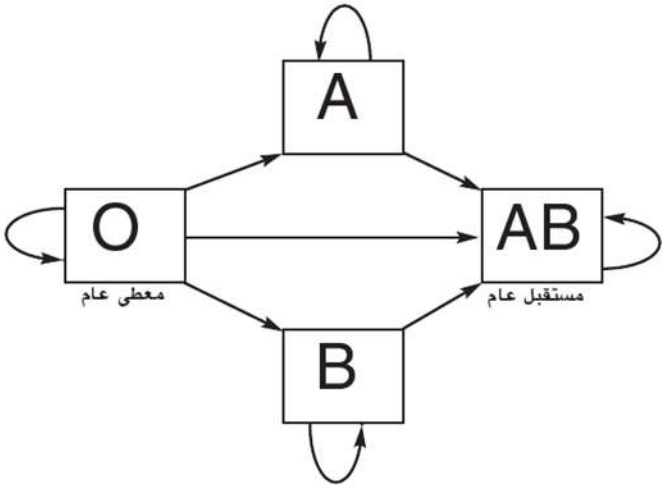
مما سبق يمكن نقل دم من الفصيلة (O) إلى جميع الفصائل فتعرف بالمعطى العام، بينما الفصيلة (AB) يمكن أن تستقبل من أى فصيلة أخرى فتعرف بالمستقبل العام.

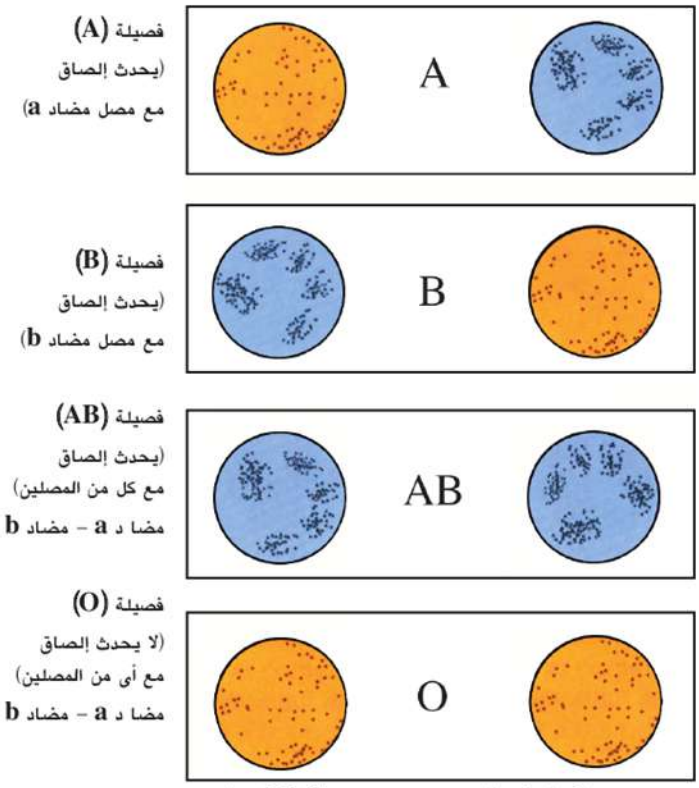
ولتعيين فصيلة الدم يلزم وجود مصل مضاد لكل من (A), (B) ثم نقطتين من دم الشخص المراد تحديد فصيلته على طرفى شريحة زجاجية وبإضافة نقطة من مصل مضاد (a) على نقطة منهما ومضاد (b) على النقطة الأخرى، وملاحظة ما يحدث لكل منهما بعد تقليبها كلا على حدة.

فإذا حدث إلصاق او تجمع مع المضاد (a) فقط تكون الفصيلة (A) وإذا حدث إلصاق مع المضاد (b) فقط تكون الفصيلة (B).

وإذا حدث معهما معا تكون الفصيلة (AB) .

لم يحدث إلصاق لأى منهما كانت الفصيلة(O) (شكل ٥).





شكل (٥) تعيين فصائل الدم

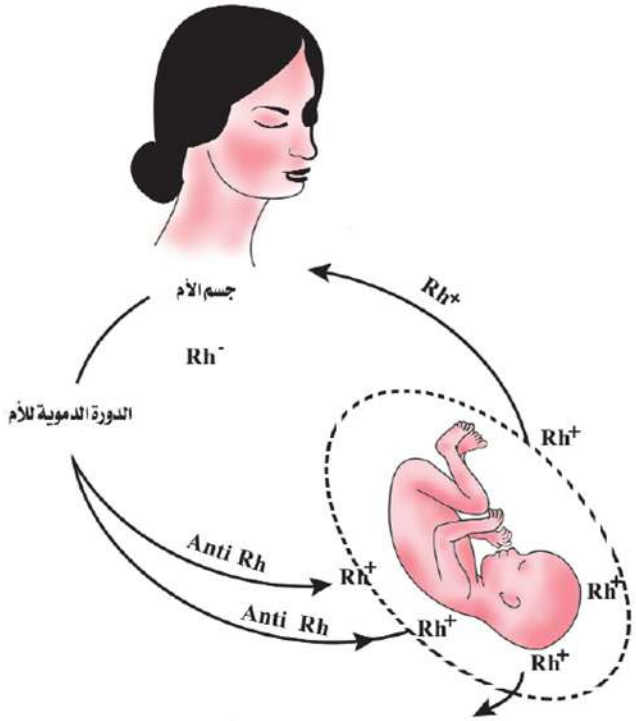
عامل ريسس Rhesus Factor (Rh):

توجد مواد مولدة بكريات الدم إضافة الى مواد فصائل الدم وتعرف بعامل ريسس نظرا لاكتشافها فى نوع من قردة ريسس قبل اكتشافها فى دم الانسان. وتنتشر هذه المواد المولدة فى دماء ٨٥٪ تقريبا من البشر فيعرفون بموجب العامل ريسس (Rh^+)، اما النسبة الباقية ١٥٪ فتكون خالية من ذلك العامل وتسمى سالبة العامل ريسس(Rh^-).

يتحكم فى وراثة عامل ريسس ثلاثة أزواج من الجينات لكنها متقاربة فى تأثيرها وفى مواضعها على الصبغى الخاص بها. ووجود أى زوج منها فى صورة سائدة يؤدى إلى ظهور فرد موجب. وعلى ذلك فإن الفرد الموجب قد يكون نقيا فى سيادة كل الجينات أو هجينا فى سيادة بعضها، أما الفرد السالب فتكون جميع جيناته متنحية.

فإذا تزوجت امرأة سالبة العامل ريسس من زوج موجب ريسس نتج كل نسلها موجبا لو كان الأب نقيا أو نصف موجب والنصف الآخر سالب لو كان الأب هجينا.

فإذا كان الجنين موجبا والأم سالبة (شكل٦) فإن ما يتسرب من دم الجنين إلى دم الأم ينبه جهازها المناعى لإنتاج أجسام مضادة لعامل ريسس تعود إلى الجنين عبر المشيمة فتعمل على تحلل كريات دمه الحمراء وإصابته بأنيميا حادة وعادة لا يصاب الطفل الأول بأذى ولكن من يأتى بعده يتعرض لجرعات أكثر من الأجسام المضادة، قد تؤدى إلى موته مالم يتم تغيير دمه بدم جديد أو حقن الأم بمصل واق من ذلك التفاعل بعد ولادة الطفل الأول.



شكل (٦) جنين موجب ريسس وأمه سالبة

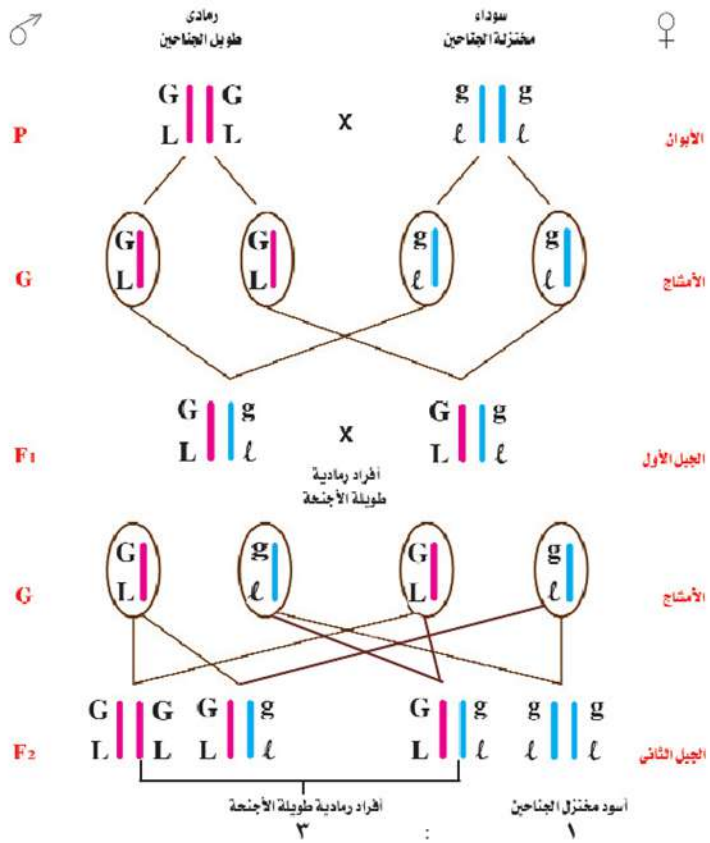
الارتباط والعبور
Linkage and crossing over

الارتباط Linkage:

أصبح معلوما لك مما سبق أن كل صبغى يحمل أعدادا كبيرة من الجينات ولأن عدد هذه الجينات أكثر بكثير من عدد الكروموسومات وأن هذه الكروموسومات تنتقل من جيل إلى آخر عن طريق الأمشاج. فإن هذه الجينات المحمولة على الكرموسوم أما أن تورث مستقلة عن بعضها،أو تورث معا على كرموسوم واحد أى تورث كأنها صفة واحدة .

ولتوضيح ذلك نأخذ مثالا فى حشرة الدروسوفيلا فلو تزوج ذكر رمادى اللون طويل الجناحين نقى (GL) (GL) مع أنثى سوداء اللون مختزلة الجناحين نقية (gl) (gl) حيث يسود اللون الرمادى على الأسود وطول الأجنحة على اختزالها – ينتج الجيل الأول F_1 كله رمادى طويل هجين (GL)(gl) وبتزاوج فردين من الجيل الأول يأتى الجيل الثانى F_2 رمادى طويل الأجنحة وأسود مختزل الأجنحة بنسبة ٣:١ وهذا يعني أنه لم يتم انعزال للجينات فى الأمشاج حسب قانون التوزيع المستقل للجينات قانون مندل الثاني وورثت كأنها زوج واحد من الجينات أى ورثت كأنها صفة وراثية واحدة.

ويمكن توضيح ذلك تخطيطا على الوجه المقابل



الارتباط في الدروسوفيلا

وباجراء التلقيح الاختبارى للأفراد الهجينة (gl) (GL) حصلنا على أفراد رمادية طويلة الأجنحة وأفراد سوداء مختزلة الأجنحة بنسبة ١ : ١

P:	فرد رمادى طويل (GL gl)	×	(gI gI) فرد أسود مختزل
G	GL gl		gl
F_1	glgl		GLgl

أسود مختزل الجناحين ١ : ١ رمادى طويل الجناحين

وهذه النسبة للأفراد الناتجة مشابهة لطريقة انتقال زوج واحد من الجينات أو بمعنى آخر فإن هذين الزوجين من الجينات يظلان مع بعضهما وينتقلان كزوجا واحدا.

ولكن فى حالة افتراض عدم وجود ارتباط أى وجود هذه الجينات محمولة على كروموسومات مختلفة وليست على كروموسوم واحد كما سبق وبإجراء التلقيح الاختبارى بناء على هذا الفرض للأفراد الهجينة السابقة فإن التحليل الوراثى يكون كالآتى:

P	ذكر رمادى طويل ♂ GgLl	×	♀ ggll أنثى سوداء مختزلة	
G	gl gL G1 GL		gl	
F_1	ggll ggll ggll Ggll			
	أسود مختزل أسود طويل رمادى مختزل رمادى طويل			
	١ : ١ : ١ : ١			

هذه النسبة للأفراد الناتجة تدل على أن الجينات وزعت على الأمشاج توزيعا مستقلا ولكن هذا لم يحدث فى المثال السابق ، وبناء على ذلك يتضح أن هناك نوعان من الجينات وذلك طبقا لتوزيعها على الصبغيات وهى:

١-الجينات الحرة أو المستقلة:

وهي جينات تحمل على كروموسومات مختلفة وتتوزع أثناء الانقسام الميوزى توزيعا مستقلا على الأمشاج ولذا تظهر صفات النتاج بالنسب التى فسرها مندل فى قانونه الثانى وهو (التوزيع الحر للعوامل الوراثية).

٢-الجينات المرتبطة:

وهى جينات مختلفة تحمل على نفس الصبغى وتنتقل معا أثناء الانقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج ولا تخضع هذه الحالة للتوزيع الحر للجينات بل تؤدى إلى نسب وراثية أخرى.

وانتقال هذه الجينات محمولة على نفس الصبغى من الآباء إلى الأبناء معا كوحدة واحدة وهى حالة وراثية تعرف بالارتباط وهو نوعان:

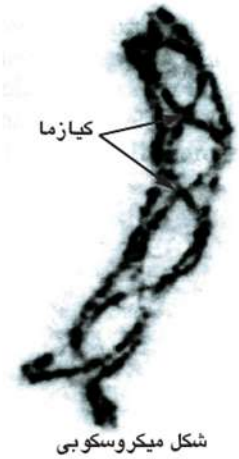
أ - الارتباط التام كما حدث فى المثال السابق وفيه تنتقل الجينات المحمولة فى الصبغى كوحدة وراثية واحدة من جيل إلى آخر عن طريق الأمشاج أى تورث كأنها صفة وراثية واحدة .

ولكن هذا النوع من الارتباط لا يمثل الحالة الطبيعية لجميع الجينات، فالجينات المرتبطة لاتبقى دائما إلا إذا كانت قريبة جدا من بعضها على الصبغى، فالارتباط قد يعنى أن هناك ثباتا فى توارث الجينات وبالتالى توارث الصفات الوراثية، فلو أن هناك مجموعة من الصفات السائدة عند الأب لظهر جميع الأبناء يحملون هذه الصفات.

ب - الارتباط غير التام أحيانا يكون الارتباط غير مطلق، حيث يمكن للجينات المرتبطة معا على الكروموسوم نفسه أن تنفصل عن بعضها وتنتقل من كروموسوم إلى الكروموسوم النظير، وهذه الحالة الوراثية تعرف بالارتباط غير التام الذى يحدث نتيجة العبور.

العبور (Crossing over):

- يحدث فى الطور التمهيدى الأول من الانقسام الميوزى عندما تتقارب أزواج الكروموسومات المتماثلة ويصبح كل زوج منها متشابك ويعرف بالرباعى (Tetrad) حيث يظهر كأربعة كروماتيدات ملتفة وكل نقطة من نقاط الالتفاف بين الكروماتيدات الداخلية تسمى كيازما (Chiasma) وهى مناطق قد يحدث بها كسر كما فى (الشكل ٧).
- فتتبادل هذه الكروماتيدات قطعا كروماتيدية بما عليها من جينات.
- وعندما ينفصل زوج الكروموسومات المتماثل فى المرحلة الانفصالية الأولى يكون هناك تبادل أو عبور للجينات قد تم بين الكروماتيدات غير الشقيقة.

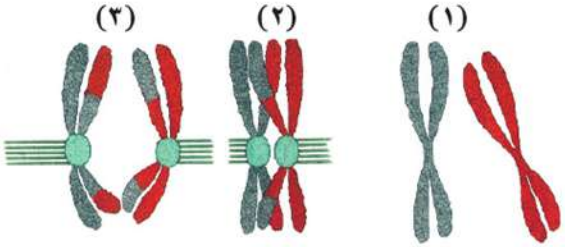


شكل ميكروسكوبى

شكل (٧) التصالب والعبور

- وعندما ينشق السنترومير فى المرحلة الانفصالية الثانية ينفصل كل كروموسوم الى كروماتيدين.
- الكروماتيدات الداخلية التى حدث بها تبادل للجينات تسمى كروموسومات جديدة أو ترتيبات جديدة.

بينما الكروماتيدات الخارجية التى لم يحدث بها عبور تسمى كروموسومات أبوية حيث تحمل نفس تتابع الجينات الموجودة فى كروموسومات الآباء (شكل ٨).



شكل (٨) التصالب والعبور

– وبذلك سيكون هناك جاميتات فى نهاية الانقسام الميوزى تحتوى كروموسومات أبوية وجاميتات تحتوى كروموسومات جديدة.

مما سبق يتضح أن العبور عبارة عن ارتباط غير تام ينتج عنه تغير فى الصفات الوراثية ولكن بنسب محدودة تتناسب مع المسافة بين الجينات على الصبغى.

– وقد يحدث أحيانًا أكثر من عبور واحد على نفس الصبغى ولكن لو حدث بين كروماتيدين لهما نفس الجينات كما فى حالة الجينات ذات السيادة أو الجينات المتنحية كما فى الأفراد النقية فلا يترتب على ذلك العبور أى تغير فى النسب.

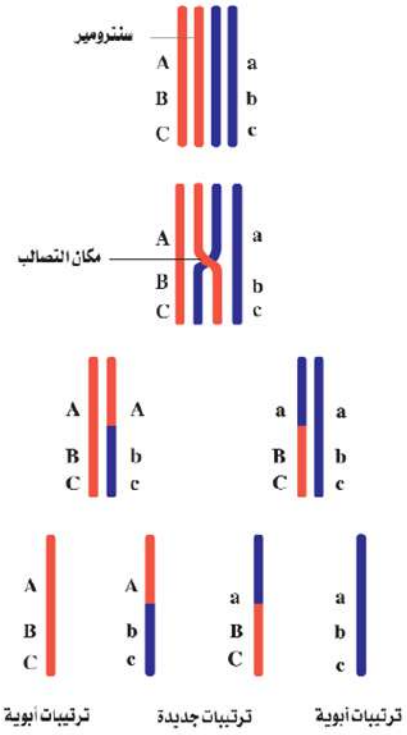
المخطط التالى يوضح خطوات العبور السابقة:

١– ازدواج الصبغيات المتماثلة خلال الطور التمهيدى (١).

٢– العبور وتبادل قطع بين الكروماتيدين (غير الشقيقة).

٣– انفصال الصبغيات فى الطور الانفصالى (١).

٤– انفصال صبغيات إلى الكروماتيدات خلال الطور الانفصالى (٢) وتوزيعها على الأمشاج عشوائيا.



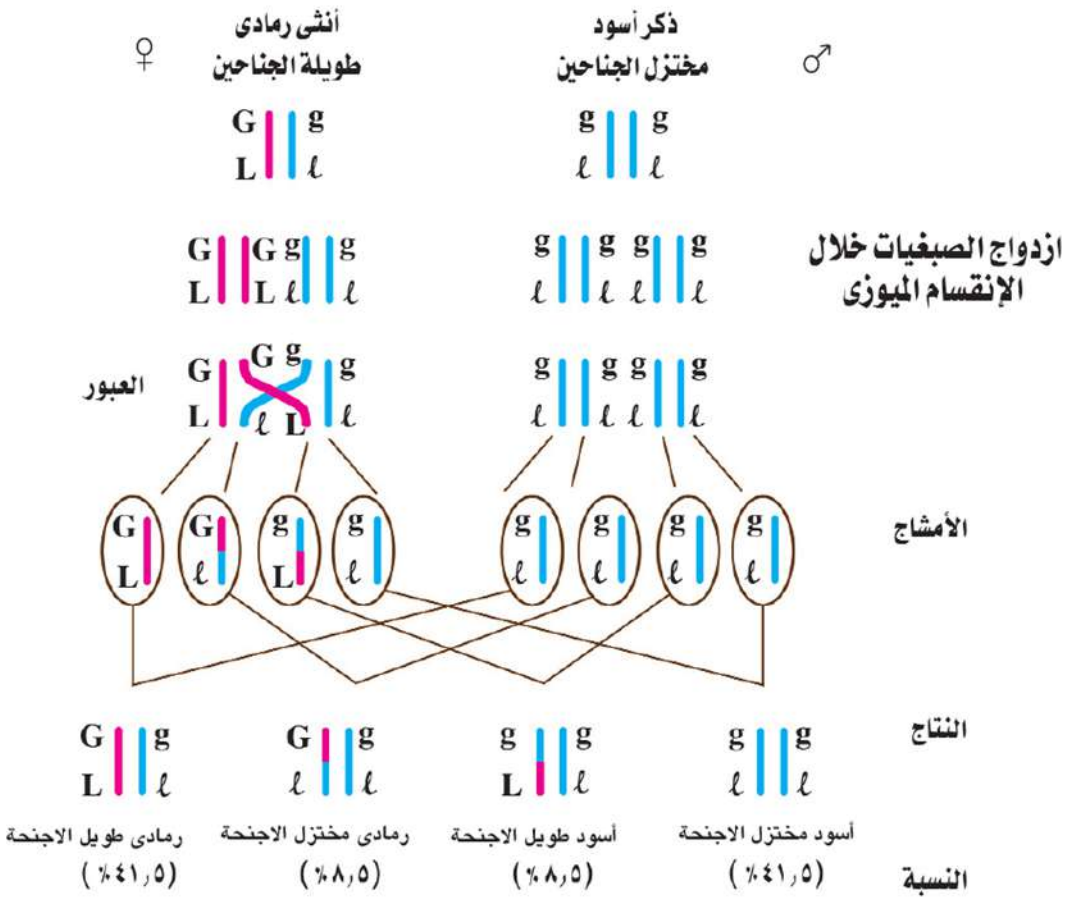
شكل (٩) تخطيط للعبور خلال الإنقسام الميوزى

والمثال التالى يوضح النسب الوراثية فى حالة الارتباط غير التام عند حدوث العبور:

عند تزاوج أنثى الدروسوفيلا رمادية اللون طويلة الجناحين هجينة مع ذكر أسود مختزل الجناحين نقى تظهر صفات خليطة على نسبة محدودة من النتاج لكن الأغلبية تشبه الأبوين ، وذلك كما يلى:

١- أفراد رمادية طويلة الأجنحة بنسبة ٤١,٥٪
٢- أفراد سوداء مختزلة الأجنحة بنسبة ٤١,٥٪ } صفات أبوية

٣- أفراد رمادية مختزلة الأجنحة بنسبة ٨,٥٪
٤- أفراد سوداء طويلة الأجنحة بنسبة ٨,٥٪ } صفات خليطة (جديدة)



تخطيط نسب العبور فى ذبابة الدروسوفيلا

ولو كان التوزيع مستقلاً لظهرت الصفات الوراثية السابقة بنسبة متساوية، لكن صفات الأبوين ظهرت على ٨٣٪ من النتاج، وحمل ١٧٪ من النتاج صفات جديدة نتيجة لظاهرة العبور، ولذا يكون الارتباط هنا غير تام. ويمكن استنتاج أن المسافة بين الجينين المترابطين تقدر بـ ١٧ وحدة، أما معدل حدوث العبور فيساوى ضعف هذا العدد أى ٣٤٪.

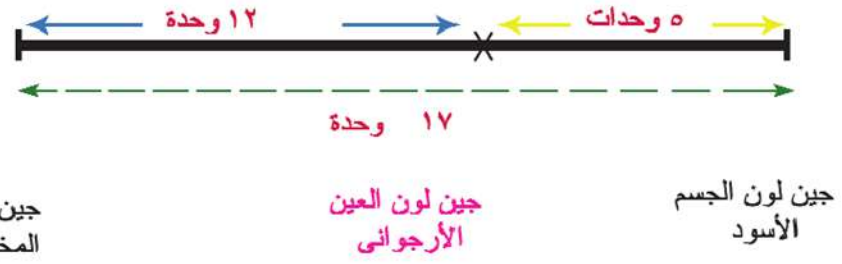
أهمية العبور:

- يعمل على زيادة فرص التنوع فى الصفات الوراثية بين أفراد النوع الواحد، مما يساعد على بقائها وتطورها.
- يفيد فى عمل الخرائط الصبغية.

الخرائط الصبغية : Genetic Maps

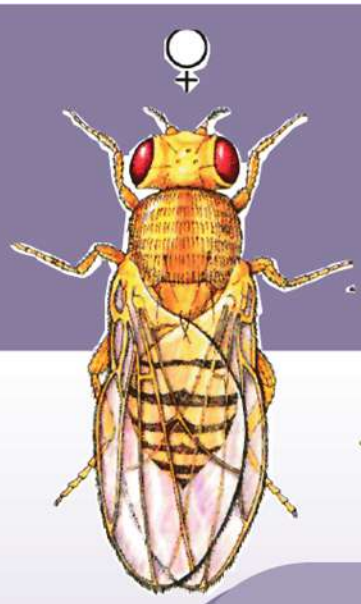
تمكن عالم الوراثة الأمريكى مورجان Morgan من التوصل إلى وسيلة لبيان نتائج الارتباط والعبور، ورسم خرائط تحدد مواقع الجينات على الصبغيات لعدد من الكائنات النباتية والحيوانية. كما أمكن بنفس الطريقة تعرف خرائط لكثير من الصبغيات البشرية.

ولتوضيح ذلك فى الدروسوفيلا. ومن المثال السابق – كانت نسبة العبور بين جين اللون الأسود وجين الجناح المختزل ١٧٪ فإذا ظهرت نسبة عبور أخرى مثل ٥٪ بين جين اللون الأسود، ولون العيون الأرجوانية، وكلاهما على الصبغى رقم ٢– كما ظهرت نسبة عبور بين لون العيون الأرجوانية وبين الجناح المختزل تساوى ١٢٪ فإنه يمكن رسم خريطة لذلك الصبغى كما يلى.



شكل (١١) خريطة صبغية

ويتم الآن رسم خرائط وراثية لتتابعات القواعد النيتروجينية فى جزيئاتDNA



الوراثة فى الكائنات الحية

الفصل الثالث

تحديد الجنس فى الكائنات الحية

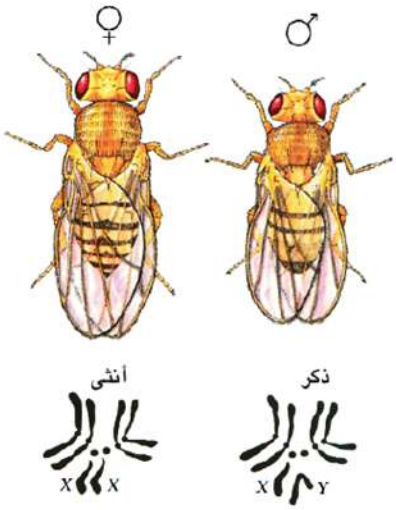
فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يذكر أمثلة توضح العوامل المحددة للجنس فى مختلف الكائنات الحية.
- يفسر سبب ظهور الحالات الشاذة فى الإنسان.
- يقارن بين الصفات المرتبطة بالجنس والمتأثرة بالجنس.
- يفسر تأثير البيئة على التوائم المتماثلة.
- يذكر أمثلة توضح أثر البيئة على عمل الجينات.

صفحة بيضاء

تحديد الجنس

يتحدد جنس الأفـــراد عـــادة بواسطة نـــوع من الصبغـــيات تسمى الصبغـــيات الجنسية (Sex Chromosomes) يوجد منها بصفة عامة واحد أو اثنان فى خلايا كل فرد ، أما بقية الصبغيات فتسمى الصبغيات الذاتية أو الجسدية (Autosomes)، ويوجد فى الإنسان ، وكذلك فى بعض الحيوانات مثل الحصان والقرد وذبابة الفاكهة صبغيان جنسيان متشابهان تماما فى خلايا الأنثى يطلق على كل منهما الصبغى (X) ، و يوجد فى الذكر صبغى (X) وصبغى آخر يختلف عنه فى الشكل والحجم يطلق عليه الصبغىY ، وعلى ذلك يكون التركيب الصبغى الجنسى فى الأنثى(XX)، بينما يكون للذكر (YX)

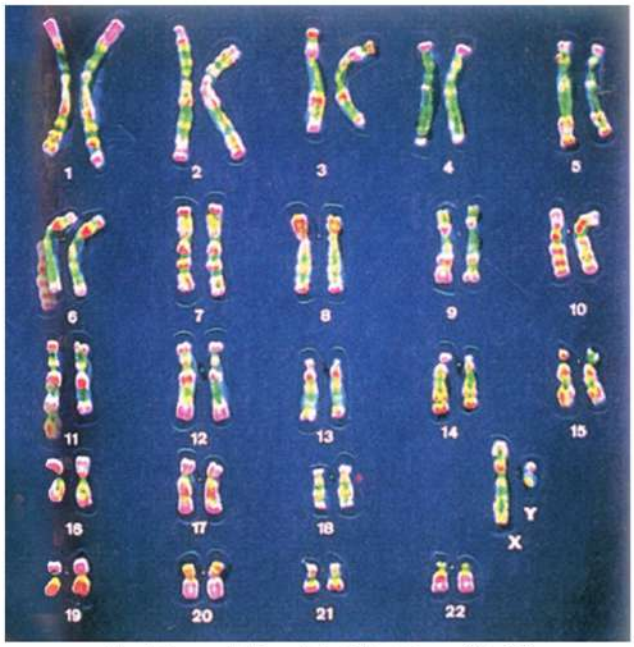


شكل (١) الصبغيات وحشرة الدروسوفيلا

ففى حشرة ذبابة الفاكهة أو الدروسوفيلا (شكل ١) تحتوى خلايا الإناث على أربعة أزواج متماثلة من الصبغيات يأخذ زوج منها شكلا مستقيما وهما (XX) ،أما فى الذكور فيكون أحد الصبغيين متشابها لصبغى (X) ، أما الصبغى الاخر فينتهى بنتوء طرفى و يسمى بالصبغى (Y)، وعلى ذلك يكون التركيب الصبغى للأنثى ٦+XX، ، بينما يكون للذكر ٦+XY.

وعندما يحدث الانقسام الميوزى أثناء تكوين الأمشاج ، فإن الأنثى تكون نوعا واحدا من الأمشاج تركيبه الصبغى(٣+X) ، بينما تكون الذكور نوعين من الأمشاج هما (٣+X) و (٣+ Y) وبعد حدوث الإخصاب بواسطة حيوان منوى به الصبغى (X) فإن الجنين الناتج يحتوى صبغيين جنسيين (XX) وينمو إلى أنثى ، أما إذا تم الإخصاب بحيوان منوى يحتوى على الصبغى (Y) فإن الجنين الناتج ينمو إلى ذكر (XY).

أما فى الإنسان فقد أمكن فى عام ١٩٥٦م التأكد من وجود ٤٦صبغيًا فى كل خلية من خلايا الجسم ، وأن التركيب الصبغى لخلايا الإناث هو ٤٤+ XX ، بينما التركيب الصبغى لخلايا الذكور هو ٤٤+ XY (شكل ٢)، وعندما يتم الانقسام الميوزى لتكوين الأمشاج يكون التركيب الصبغى لكل البويضات ٢٢+X ، أما الحيوانات المنوية فنصفها يكون تركيبه الصبغى ٢٢+ X ، بينما النصف الآخر يكون ٢٢+Y ، وعلى ذلك فالذى يحدد جنس الأبناء فى الإنسان هو الأب وليس الأم.



شكل (٢) صبغيات الإنسان (من خلية جسمية لرجل)

وقد كان يظن أن نظام تحديد الجنس فى الإنسان والثدييات بوجه عام هو نفسه الذى يعمل فى باقى الحيوانات ، إلا أنه اتضح بعد ذلك أن الصبغى (Y) فى الثدييات ومنها الإنسان هو مكون أساسى فى تحديد الجنس ، فإذا كان الصبغى (Y) موجودا كان الفرد ذكرا ، ولكن هذه القاعدة تختلف فى كثير من الحيوانات ومنها بعض الحشرات والطيور وذلك كما فى الجدول التالى:

الأنواع	تركيب الذكر	تركيب الأنثى
الإنسان – الثدييات – الدروسوفيلا	XY	XX
طيور – فراشات	XX	XY
جراد – خنافس	X0	XX

وحتى وقتنا هذا ليست هناك أية حالة مفردة فى الإنسان أو أى من الثدييات ينقصها الصبغىX، فالحياة تحتاج إلى واحد على الأقل من هذه الصبغيات ، أما الصبغى (Y) فليس أساسا للحياة، حيث أن الإناث لا تحتوى على هذا الصبغى.

ويعتقد أن الجينات المحمولة على صبغى (X) و(Y) والخاصة بتحديد الجنس تعمل فقط فى الأشهر الأولى من نمو الجنين فى الإنسان ، فبعد ستة أسابيع من الحمل يبدأ الجنين فى إنتاج هرمونات ذكرية إذا كان الصبغى (Y) موجودا، وتؤثر هذه الهرمونات على أنسجة المناسل – والتى تكون غير محددة حتى ذلك الوقت – لتكون الخصيتين ، وتتمايز الأعضاء التناسلية والصفات الجنسية الثانوية الأخرى تبدأ فى الظهور ، تحت التأثير المباشر للهرمونات الجنسية الذكرية التى تكونها الخصية .

وبخلاف هذه الجينات المكونة للجنس فليس هناك دليل قاطع حتى الآن على أن هناك جينات أخرى محمولة على الصبغى (Y) فى الثدييات .

أما إذا كان الجنين لا يحتوى علي الصبغى (Y) فإن أعضاءه التناسلية تبدأ فى التمايز إلى الأنثى خلال الأسبوع الثانى عشر تقريبا ، وتأخذ فى النمو الذى يعقبه فيما بعد ظهور الصفات الجنسية الثانوية ، تحت التأثير الهرمونى وتوجيه الجين ،

و العديد من الجينات الأخرى المحمولة على الصبغى (X) ليس لها علاقة بالجنس أو النمو الجنسى بالمرة .

الحالات الشاذة فى جنس الإنسان :

لا تتوزع الصبغيات الجنسية فى بعض الأحيان بالتساوى أثناء الإنقسام الميوزى وتكون الأمشاج، مما ينشأ عنه حالات شاذه، ففى حالات نادره يلتصق الصبغيان ببعضهما أثناء الانقسام الميوزى– ولا ينفصلان – مما ينشأ عنه وجود صبغيين (X) فى إحدى الخلايا البيضية الناتجة وخلو الخلية الأخرى من الصبغى، فإذا أخصبت بويضه شاذه تحتوى على صبغيين جنسيين (XX) بحيوان منوى به صبغى (Y) ، فإن التركيب الصبغى للجنين الناتج يكون XXY+٤٤ ، وينمو إلى

ذكر شاذ يحمل أعراض حالة كلاينفلتر (Klinefelter's Syndrome) حيث تكون الأعضاء التناسلية ذكرية إلا أنها تكون ضامرة ، كما أن عضلاته تكون أنثوية، وقد ينمو صدره بعض الشئ، ويصبح هذا الفرد عقيما لغياب الخلايا المولدة للحيوانات المنوية من الخصية، وعلى ذلك فصبغى (X) الزائد أدى إلى إختلال توازن الجينات التى تحدد الجنس ، كما عبرت بعض الجينات الأنثوية عن نفسها بدرجة ما.

أما إذا أخصبت بويضة خالية من الصبغى الجنسى بحيوان منوى يحتوى على الصبغى (X) ينشأ فرد يحتوى على صبغى واحد من نوع (X) ، أى أن العدد الكلى لصبغياته يصبح ٤٤ + X وتعرف هذه بأعراض حالة تيرنر (Tuner's Syndrome) وهذا الطفل يكون أنثى لديها تخلف عقلى. وفى هذه الحالة فإن صبغيا جنسيا واحدا تعمل الجينات الموجودة به على تحديد جنس الأنثى، لكن كمية الهرمونات الموجودة لا تكون كافية للوصول بهذه الأنثى إلى مرحلة البلوغ .

ويمكن عمليا تحديد عدد صبغيات (X) لأى شخص عن طريق كشط جزء من الغشاء المبطن للفم، وصبغ أنوية خلايا هذا النسيج أثناء الطور البينى بأصباغ خاصة ، وفحصها بالمجهر بطريقة عادية ، حيث يظهر أحد صبغى (X) فى كل خلية على صورة مفككة ويقوم بوظائفه ، وفى الذكر يوجد صبغى (X) واحد ، وعلى ذلك يوجد على الصورة المفككة ، أما فى الأنثى فيوجد اثنان من نوع (X) أحدهما مفكك بينما الآخر متماسك ويأخذ الصبغة ، ويطلق على هذا الصبغى المتماسك فى الطور البينى جسم بار Barr body.

وعلى ذلك فوجود جسم بار واحد يدل على وجود صبغين من نوع (X) وهكذا .

ولذا يسهل تمييز الجنس ذكرا أم أنثى عن طريق فحص النواة كما سبق. وتستخدم هذه الطريقة أحيانا للتيقن من جنس بعض المتنافسين أو المتنافسات فى الدورات الأوليمبية إذا حدث شك فى طرزهم المظهرى .

ومن الغريب ظهور بعض حالات تعرف بمزدوجة الجنس Gynanders ، حيث يكون نصف الجسم ذكرا والنصف الآخر أنثى مثل بعض الحشرات التى ظهرت فيها بعض الخلايا (XX) والأخرى (XY) لنفس الحشرة .

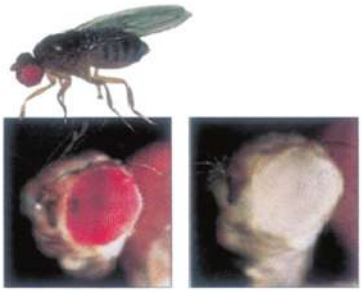
وهناك حالات متعددة للشذوذ فى عدد الصبغيات الجنسية والجسمية ونوعيتها فى الإنسان ، كما يظهر بعضها فى الجدول التالى :

نوع الفرد أو الصفة	التركيب الصبغى	الجنس
ذكر عادى	XY + ٤٤ = ٤٦	ذكر
أنثي عادية	XX + ٤٤ = ٤٦	أنثى
حالة داون (بله مغولى)	XY + ٤٥ = ٤٧	ذكر
حالة داون (بله مغولى)	XX + ٤٥ = ٤٧	أنثى
حالة كلاينفلتر	XXY + ٤٤ = ٤٧	ذكر
حالة تيرنر	X + ٤٤ = ٤٥	أنثى
تضاعف جنسى	XXX + ٤٤ = ٤٧	أنثى
تضاعف جنسى	XXXX + ٤٤ = ٤٨	أنثى

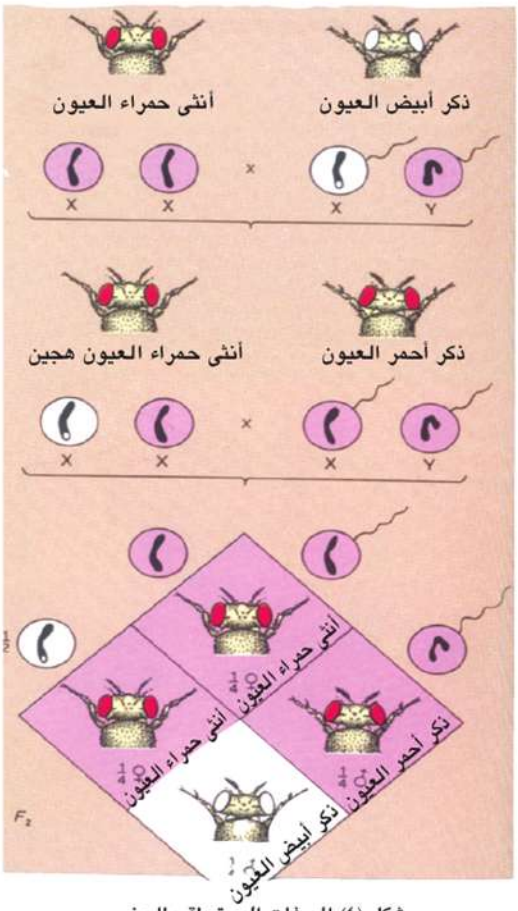
لاحظ فى حالة داون (Down's Syndrome) أو البله المغولى (شكل ٣) شذوذ الصبغيات الجسمية (زيادة فى صبغى رقم ٢١) فيختل التوازن الصبغى ، ويصبح الشخص له شكل مميز بضيق العينين وعليهما ثنية جلدية نحو الداخل ولذا سمى بالمغولى ، كما يكون لديه عيوب خلقية وتخلف عقلى.

شكل (٣) حالة داون

الصفات المرتبطة بالجنس Sex - linked Inheritance



ركزت بعض أبحاث مورجان (Morgan) أثناء دراسته على وراثة لون العين فى حشرة الدروسوفيلا ، حيث وجد الحشرة البرية (Wildtype) (شكل ٤) ذات عيون حمراء ، إلا أنه فى يوم ما ظهرت فى مزرعة ذكور بيضاء العين ، وعندما قام بتهجين ذكر أبيض العينين مع أنثى حمراء كانت أفراد الجيل الأول كلها حمراء العيون، مما يعنى أن صفة العين الحمراء سائدة على صفة العين البيضاء، وعندما تم التهجين الذاتى بين أفراد الجيل الأول ظهرت حشرات حمراء العيون و أخرى بيضاء العيون بنسبة ٣ : ١ ، إلا أنه لاحظ أن كل الحشرات بيضاء العيون كانت ذكور.



شكل (٤) الصفات المرتبطة بالجنس

لقد رأى مورجان أن ظهور ذكور بيضاء العين فى الجيل الثانى يمكن تفسيره إذا فرض أن جين لون العين البيضاء متنحى ومحمول على الصبغى الجنسى (X) أما الصبغى (Y) فتيجة لقصره لا يحمل عليه البديل المقابل لهذا الجين ، وعلى ذلك فوجود جين واحد للون الأبيض للعين يكون كافيا لتصبح الذكور بيضاء العيون ، وقد سمى مورجان هذه الحالة بالوراثة المرتبطة بالجنس (Sex Linked Inhertance) ليدل على حالة تحددها الجينات الموجودة على الصبغى الجنسى (X) .

أما الوراثة فى الإناث والتى تحتوى على الصبغين الجنسيين (XX) ، فإن صفة اللون الأبيض

للعين تظهر نادرا لأنه حتى لو وجد جين اللون الأبيض للعين على أحد الصبغين الجنسيين فسيحجب ظهور هذه الصفة جين اللون الأحمر للعين (السائد) والموجودة على الصبغى الآخر ، ولذلك تكون هذه الأنثى حمراء العينين.

أما إذا احتوت الأنثى على جين اللون الأبيض للعين (المتنحى) فى كل من الصبغين الجنسيين (X) فستظهر صفة اللون الأبيض للعين فى الإناث ، وعلى ذلك صور مورجان التهجين الأول للذكور بيضاء العيون مع الإناث حمراء العيون كما يلى:

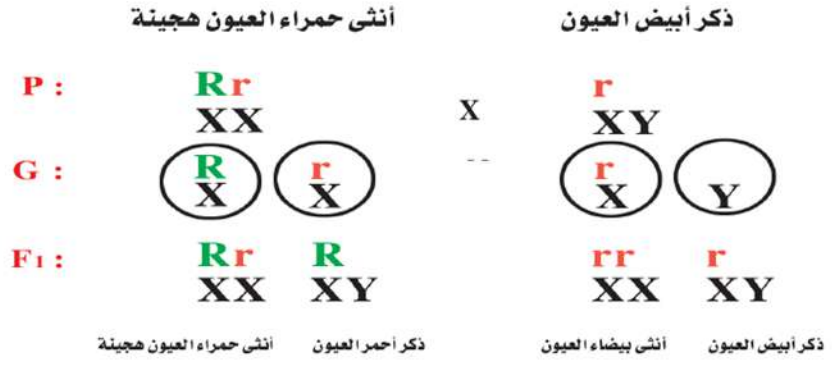
	أنثى حمراء العيون		ذكر أبيض العيون
P :	RR XX	X	r XY
G :	R X ، R X		r X ، Y
F_1 :	Rr XX ، Rr XX		R XY ، R XY
	إناث حمراء العيون هجينة		ذكور حمراء العيون

وعند تهجين أفراد الجيل الأول تظهر حشرات حمراء العيون وأخرى بيضاء العيون بنسبة ١:٣ مع ملاحظة أن صفة اللون الأبيض للعين تظهر فى الذكور فقط كما يلى :

	أنثى حمراء العيون هجينة		ذكر أحمر العيون
P :	Rr XX	X	R XY
G :	R X ، r X		R X ، Y
F_1 :	RR XX ، Rr XX		R XY ، r XY
	أنثى حمراء العيون ، أنثى حمراء العيون هجينة		ذكر أحمر العيون ، ذكر أبيض العيون

وعلى ذلك فإن فرض مورجان الذى حدد فيه موقع جين اللون الأبيض المتنحى للعين على الصبغى الجنسى(X) قد فسر نتائج تجاربه بشكل ممتاز، وبالإضافة إلى ذلك فقد تنبأ مورجان

من هذا الفرض أنه يمكن الحصول على إناث بيضاء العين إذا تم التهجين بين إناث حمراء العيون (كانت أباؤها بيضاء العيون) وذكور ذات عيون بيضاء، وعندما أجرى مورجان هذا التهجين حصل علي حشرات حمراء العيون وحشرات بيضاء العيون بنسبة ١:١ إلا أن الحشرات بيضاء العيون كان نصفها من الإناث ، وعلى ذلك تمكن مورجان من التحقق من صحة ذلك الفرض ، وأصبح من المؤكد أن النظرية الصبغية صحيحة ، أى أن الجينات تحمل على الصبغيات.



صفات مرتبطة بالجنس فى الإنسان :

إن ارتباط بعض الصفات بالجنس شائع الحدوث فى الكائنات الحية ، وفى الإنسان يعتبر كل من عمى الألوان (عدم القدرة على تمييز الألوان وخصوصًا الأحمر من الأخضر) والهيموفيليا أى سيولة الدم Haemophilia (عدم تجلط الدم كالمعتاد) حالات مرضية مرتبطة بالجنس. ولقد أظهرت دراسات سجل نسب العائلة أن هاتين الصفتين متنحيتان ونادرتا الحدوث فى الإناث ، وتنتقل من الأم إلى أبنائها الذكور بينما يورثها الرجل المصاب إلى أحفاده البنين من خلال بناته.

فإذا تزوجت امرأة متباينة اللاقحة بالنسبة لعمى الألوان من رجل سليم – فإنه يتوقع أن يكون نصف الأبناء الذكور مصابون بعمى الألوان ، وتكون نصف البنات طبيعيات – وإن كن حاملات لجين عمى الألوان ، وكما هو الحال فى الدروسوفيلا فإن الارتباط بالجنس يتبع نفس النظام ، بمعنى أن الأبناء ترث باستمرار الجين المرتبط بالجنس من الأم ، بينما يظهر عمى الألوان على البنات عندما تحصل على هذا الجين من كل من الأب والأم.

	أم حاملة للمرض			أب سليم	
P	C c X X		X	C XY	
G	C X	c X		C X	Y
F_1	C C X X	C c X X		C XY	c XY
	إناث سليمة ٢٥٪	إناث حاملة ٢٥٪		ذكور سليمة ٢٥٪	ذكور مريضة ٢٥٪

ولكى يحدث ذلك لابد أن تكون الأم حاملة للصفة، أما الأب فلابد أن تظهر عليه صفة عمى الألوان.

وقد ظهر أن مرض عمى الألوان لا يكون بنفس الدرجة عند كل الأفراد المصابين به. كما أن حالات الهيموفيليا لا تكون كلها بنفس الشدة، مما حدا بالعلماء إلى اقتراح أن هذه الحالات تعزى إلى تداخل عدد من الجينات المختلفة – يقع معظمها على مواقع مختلفة من الصبغى الجنسى (X).

الوراثة المتأثرة بالجنس Sex. influenced Inheritance

يعمل جنس الكائن الحى أحيانًا على تحوير سيادة بعض الصفات ، حيث يتأثر عمل بعض الجينات بالهرمونات الجنسية التى تفرزها المناسل فى الذكر والأنثى البالغين فى بعض الحيوانات والإنسان.

ومثال ذلك حالة الصلع المبكر التى تنتشر بين رجال بعض العائلات أكثر من النساء ويتحكم فى هذه الصفة جين سائد يتأثر فقط بهرمونات الذكورة ويظهر فعله على الذكر بجين واحد لكنه يظهر على الأنثى إذا كان لديها جينان فيحدث لها تساقط فى شعر الرأس فإذا تزوج رجل أصلع من امرأة لا تعانى سقوط الشعر كل منهما هجين كانت النتائج كالآتى:

	أم شعرها عادى			أب أصلع	
P	B^+B		X	B^+B	
G	B^+	B		B^+	B
F_1	B^+B^+	B^+B		B^+B	BB
	ذكر أصلع وأنثى يتساقط شعرها	ذكر أصلع وأنثى شعر عادى			ذكور وإناث سليمة

وراثة التوائم

لدراسة التوائم أهمية كبيرة بالنسبة للباحثين فى مجال علم الوراثة ، حيث يمكن من خلالها دراسة تأثير البيئة على الكائنات الحية المختلفة وتجدر الإشارة إلى أن بعض الحيوانات تتميز بإنتاج التوائم بأعداد كبيرة وبصورة مستديمة، أما فى الإنسان فهى قليلة نسبيا.

وقد ينشأ التوأم من بويضة واحدة (كما درست فى التكاثر) فيحمل كل منهما نفس الجينات ويتبع الفردان نفس الجنس دائما ، وأى اختلاف يظهر على هذه التوائم فيما بعد يكون نتيجة لتأثير البيئة ، وتسمى هذه التوائم المتماثلة (Identical Twins).

وقد تنشأ التوائم نتيجة إخصاب بويضتين أو أكثر فى نفس الوقت بعدد مماثل من الحيوانات المنوية، ومن ثم فقد تتباين الأجنة الناتجة فى جنسها وفى صفاتها، ولا يتجاوز التشابه بينها درجة التشابه بين الأشقاء ، وتعرف بالتوائم المتآخية (Fraternal Twins) .

وللتوائم المتماثلة أهمية فى دراسة تأثير البيئة على الكائنات الحية حيث يضمن الباحث أن العوامل الوراثية واحدة فى الفردين، فلو تعرض أحدهما لظروف بيئية تخالف ما يتعرض له توأمه المتماثل، تحدث تغيرات متفاوتة بينهما فى الخصائص السلوكية و الشكلية كالوزن وحتى الطول، لكن لون البشرة والعينين والشعر وغيرها فلا يتأثر ، وقد ثبت ذلك علميا بملاحظة توائم متماثلة تعرضت لكوارث كالحروب والزلازل التى فرقتها صغارا فنشأت فى بيئات مختلفة ، وعندما جمعت بينها الصدفة ثانية ظهرت الفروق المذكورة .

الوراثة والبيئة :

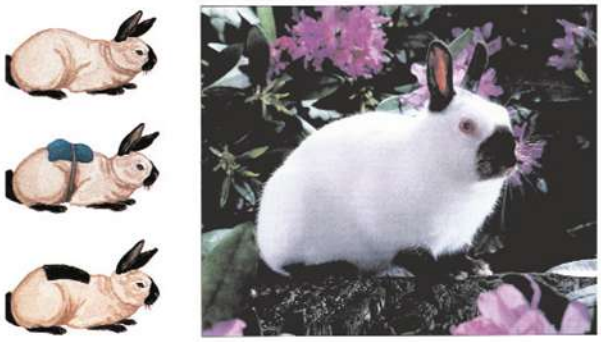
مما سبق يظهر أن للبيئة أثرا على تعبير الجينات عن صفاتها الوراثية ، وقد تأكد ذلك تجريبيا على كل من النبات و الحيوان .

فعند استنبات بذور فى الظلام لا يتكون الكلوروفيل بالبادرات ، لكنها إذا نقلت إلى الضوء يتكون بها الكلوروفيل خلال أيام ، لذا تكون البلاستيدات الموجودة أصلا فى حاجة إلى الضوء لظهور أثر الجين المولد للكلوروفيل ، أما إذا غاب الجين المولد للكلوروفيل فيعجز النبات عن صنعه رغم تواجده فى بيئة مضيئة .

لذا يكون ظهور الصفة على الكائن الحى مرتبطا بوجود الجين الخاص بها أولا ، ثم تناسب ظروف

البيئة لعمله ثانيا.

وفي الأرانب من سلالة هيمالايا وجد أن أطراف الجسم كالأقدام و الذيل ، وكذلك الأذنين والأنف – تكون سوداء دائما بينما يكون لون الجسم أبيض ، وتبين أن تعرض تلك الأجزاء دائما للبرودة كان سببا فى ذلك اللون الأسود، وقد تحقق ذلك بتجربة مثيرة ، فعندما أزيل الشعر الأبيض من ظهر الأرنب وربطت فوقه قطع من الثلج لفترات طويلة نما الشعر تحتها اسود بعكس باقى الشعر المحيط الذى ظل ابيض كما فى (الشكل ٥).



شكل (٥) تأثير البرودة على عمل الجينات فى الأرنب من سلالة الهيمالايا

ومثال آخر لتأثير درجة الحرارة على حشرة الدروسوفيلا ، فعند تربيتها فى درجة حرارة منخفضة بتعريض البيض و اليرقات لدرجة ١٦°م تنمو أجنحتها بعد التحول من العذراء بشكل مستقيم ، لكنها لو تعرضت لدرجة ٢٥°م ظهرت الأجنحة منحنية .

أسئلة

س١ - اختر الاجابة الصحيحة فيما يلى :-

١- توصل مندل الى قانون السيادة التامة من خلال إجراء تجارب:

أ ـ التلقيح الذاتى ب ـ التلقيح الخلطى

حـ ـ التلقيح الاختبارى د ـ تلقيح ذاتى يتلوه تلقيح خلطى

٢- تمكن مندل من تفسير المبادئ الاساسية للتوارث على أساس:

أ ـ السياده التامة ب ـ تناسل النباتات

حـ ـ قانون توزيع الصفات د ـ التلقيح الاختبارى

٣ - تتفق كل من الكروموسومات والعوامل الوراثية للصفة الواحدة فى خلايا الفرد بأنها توجد

أ ـ بصورة زوجية ب ـ بصورة فردية حـ ـ باعداد كبير د ـ بصورة مشابهة

٤- ذكر وانثى تركيبهما الجينى Aa وعند التزاوج فإن التركيب الجينى لأبنائهما aa يحتمل ان يكون:

أ - ٢٥٪ ب ـ ٥٠٪ حـ ـ ٧٥ ٪ د ـ ١٠٠ ٪

٥- يمكن منع حدوث تلقيح ذاتى فى أزهار نبات البسلة من اجل الحصول على افراد مهجنة عن طريق:

أ ـ إزالة الاسدية قبل تفتح الزهرة ب ـ إزالة الاسدية بعد تفتح الزهرة

حـ ـ إزالة مبيض الزهرة د ـ تكيس الزهرة قبل تفتحها

٦ - التليقح الاختبارى هو عمل تزواج بين:

أ ـ فردين لهما تركيب جينى نقى

ب ـ فردين لهما تركيب جينى هجين

حـ ـ فرد تركيبه الجينى هجين واخر نقى يحمل الصفة السائدة

د ـ فرد تركيبه الجينى هجين واخر نقى يحمل الصفة المتنحية.

٧- إذا اجرى تزاوج بين كائن حى تركيبه الجينى BB وآخر تركيبه الجينى bb نتج من هذا التزاوج ١٥٠ فرداً فان عدد الافراد ذوى التركيب الجينى Bb يكون :

أ - ١٥٠ فرداً ب ـ ٣٠ فرداً حـ ـ ٦٥ فرداً د ـ ٧٥ فرداً

٨- يحدث العبور الوراثى أثناء الإنقسام الإختزالى فى الخلية بين :

أ- الكروموسومات المتماثلة

ب- الكروموسومات غير المتماثلة

جـ- الكروماتيدات المتقابلة فى الكروموسومات المتماثلة.

د- الكروماتيدات المتقابلة فى الكروموسومات غير المتماثلة.

٩- أربع أخوة فصيلة دم كل منهما تختلف عن الآخر ويرجع ذلك إلى أن فصيلة دم الأبوين :

أ- B , AB ب- A, AB جـ- O,AB د- BO, AO

س٢: اكتب المصطلح العلمى الدال على كل عبارة فيما يأتى :

١- صفات وراثية تحمل جيناتها على الكروموسومات الجنسية.

٢- مجموعة جينات مختلفة تحمل على كروموسوم وتورث هذه الجينات معا.

٣-جينات تحمل على كروموسومات مختلفة وتنعزل عن بعضها البعض عند تكوين الامشاج..

٤-تراكيب وراثية يمكن أن يحدث بينها عملية تبادل أثناء تقابلها فى المرحلة التمهيدية من الإنقسام الإختزالى .

٥- دائما نقية وتظهر على ربع أفراد الجيل الثانى.

٦- نقاط اتصال الكروماتيدات المتقابلة فى الكروموسومات المتماثلة أثناء الإنقسام الإختزالى الأول.

٧-عملية ينتج عنها تغير فى الصفات الوراثية نتيجة لتبادل قطع الكروماتيدات المتقابلة فى الإنقسام الإختزالى.

س٣: علل لما يأتى .

١- ترك مندل نباتات البسلة تلقح نفسها ذاتيا لعدة أجيال .

٢- العبور وسيلة من وسائل التغير والتنوع فى السلوك الوراثى المندلى .

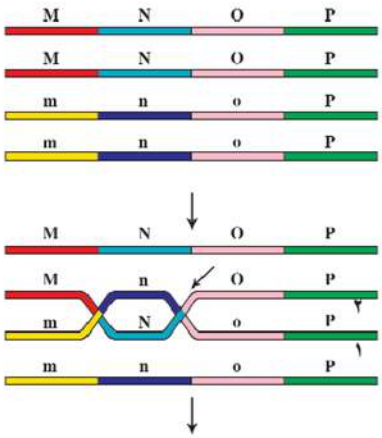
٣- لا يمكن لأب مصاب بمرض عمى الألوان أن يورث المرض لأبنائه من الذكور .

٤- أخطأ مندل فى افتراض الثبات فى انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى آخر .

س٤ : فى الطماطم عامل اللون الأحمر للثمار (R) يسود على عامل اللون الأصفر (r) إشرح على أسس وراثية كيف يمكن لمزارع الحصول على نباتات تنتج ثمارا حمراء دائما إذا كانت لديه نباتات حمراء الثمار وأخرى صفراء الثمار.

س٥ : فى نبات البنجر الجذور المنتفخة العامل (M) سائد على الجذور الضعيفة و اللون الأحمر لها (R) سائد على العامل للون الأبيض .

أوجد التراكيب الجينية والمظهرية الناتجة من تهجين نباتين لهما التراكيب الجينية التالية Mmrr و MmRr



س٦ : ١- الشكل المجاور يمثل ظاهرة .....

٢- أكمل البيانات المشار إليها بالأسهم .

٣- ارسم المرحلة الناتجة عن هذه الظاهرة.

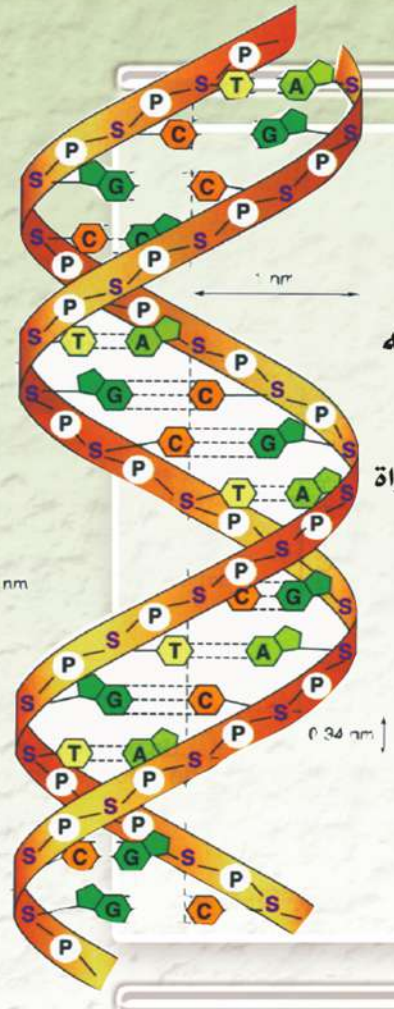
الباب الثالث

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول

الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية

فى نهايه هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادراً على أن:



- يتعرف دور العلماء فى معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووى DNA
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا
- يقدر دور العلماء فى التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه
- يستنتج الفروق بين DNA فى أوليات وحقيقيات النواة
- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً صغيراً بالنواة
- يتعرف تركيب المحتوى الجينى.
- يتعرف الطفرات وأنواعها.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

صفحة بيضاء

سنتعرض فيما يلى لبعض الأسئلة الأساسية عن الحياة : ما الذى يدفع البيضة الملقحة المفردة – التى نشأ كل فرد عنها – إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلاً مميزًا لكل فرد ؟ وما الذى يجعل كل فرد متميزاً عن غيره من البشر ؟ ومع ذلك فإن هناك تشابها عاماً بين أفراد الجنس البشرى ، والإجابة على مثل هذه الأسئلة توجد فى المعلومات الوراثية . ووحدات المعلومات الوراثية التى تتحكم فى الصفات الموروثة يطلق عليها اسم الجينات .

ولقد وجد علماء البيولوجى إنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكروموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح فى النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة فى الخلية الأصلية، مما يدل على أن الصبغيات هى التى تحمل المعلومات الوراثية، إلا أن الصبغيات يدخل فى تركيبها مركبان رئيسيان هما DNA والبروتينات فأى منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

ومن الواضح أن الجينات لابد أنها تحتوى على معلومات كثيرة متنوعة ، وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة حيث يدخل فى تركيبها ٢٠ حمضًا أمينيًا مختلفًا وتتجمع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل فى تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط، ولذلك اعتقد العلماء فى أول الأمر أن البروتينات هى التى تحمل المعلومات الوراثية، إلا أنه فى الأربعينيات من القرن الماضى ظهر خطأ هذا الاعتقاد، حيث اتضح أن DNA هو الذى يحمل المعلومات الوراثية، واكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة والذى يطلق عليه عادة اسم البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology) وهو أحد المجالات الحديثة فى العلم والذى يتقدم بسرعة كبيرة جدًا .

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

١-التحول البكتيرى (Bacterial Transformation):

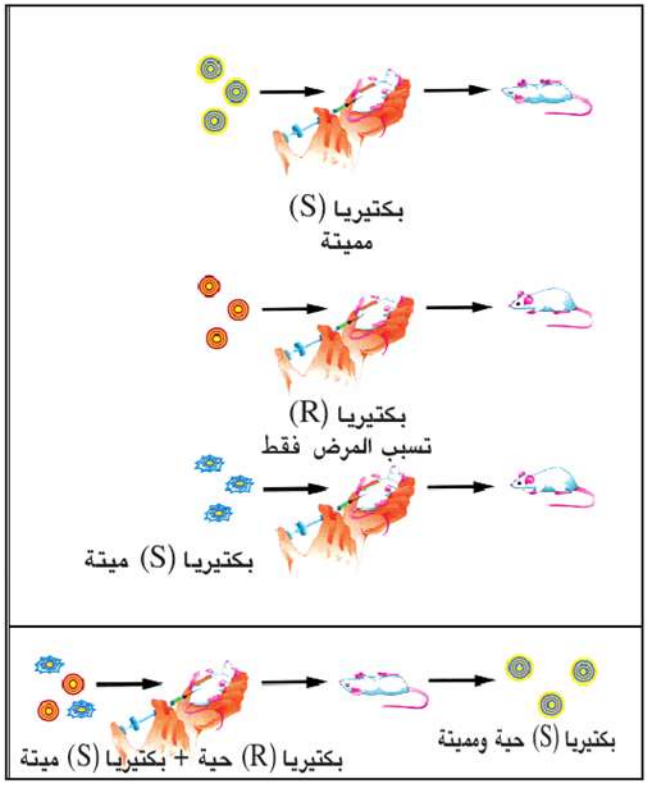
ظهر أول دليل يثير الشك حول اعتبار أن الجينات تتكون من البروتين فى عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطانى جريفث (Griffith) يدرس البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوى. وقد أجرى جريفث تجاربه على الفئران (شكل ١) مستخدمًا نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوى وهمـــا :

– سلالة مميتة (S): تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوى الحاد .

– سلالة غير مميتة (R): تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى ولا تسبب موتها .

وقد تأكد من ذلك بعد حقن فئران ببكتيريا (S) فماتت، بينما عند حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) فلم تمت .

- حقنت مجموعة من الفئران ببكتيريا (S) التى سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .
- وعندما حقنت مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفث موت بعض الفئران ، وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية . استنتج جريفث أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) قد انتقلت إلى داخل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) أطلق على هذه الظاهرة اسم



شكل (١) تجربة جريفث

(التحول البكتيرى) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R) وقد تمكن إفرى وزملاؤه من عزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت فى تحول بكتيريا (R)غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA.

وتفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى – وذلك بطريقة مازالت غير معروفة حتى الآن – واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التى أتى منها DNA ، وأهم من ذلك أن هذا التحول البكتيرى للبكتيريا المستقبلة قد انتقل إلى الأبناء.

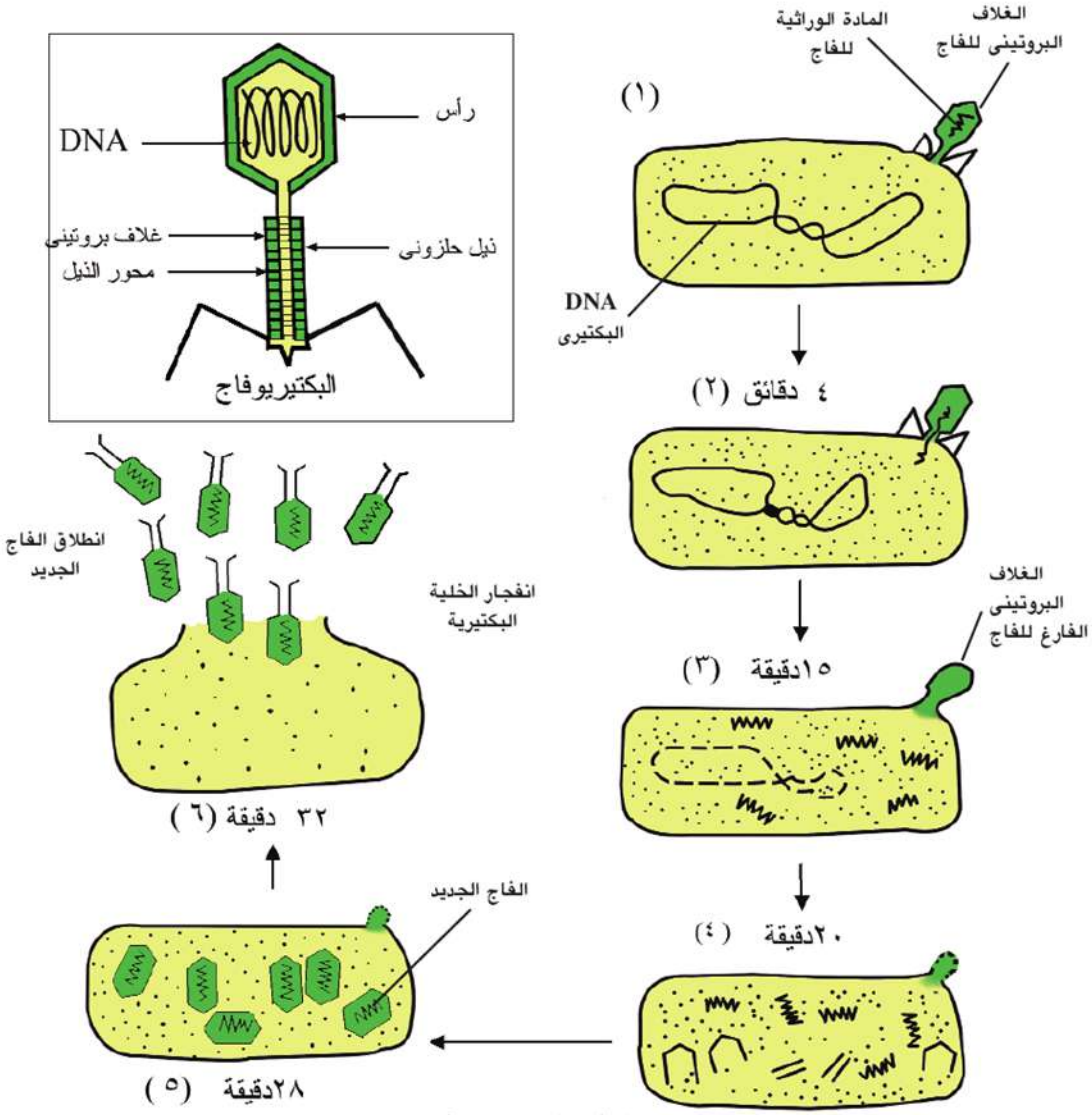
وقد أثير فى أول الأمر اعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذى سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ، ولذلك كانت به كمية من البروتين هى التى سببت هذا التحول .

التجربة الحاسمة :

أجريت هذه التجربة عندما اكتشُف واستخلص إنزيم له القدرة على تحليل جزىء DNA تحليلا كاملا ويسمى هذا الأنزيم دى أكسى ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) إلا أنه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA ، ولقد وجد أنه عندما عوملت المادة النشطة المنتقلة بهذا الأنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

٢ - لاقمات البكتيريا (Bacteriophages):

وهناك دليل آخر على أن DNA هو المادة الوراثية يأتى من الدراسات التى أجريت على لاقمات البكتيريا (فاج Phage للاختصار) ، وقد كان من المعروف قبل ذلك أن الفاج الذى استخدم فى هذه التجارب يتكون من DNA وغلاف بروتينى يحيط به ويمتد ليكون مايشبه الذيل الذى يتصل بالخلية البكتيرية التى يهاجمها ، وقد لوحظ أنه بعد حوالى ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية ، ويخرج منها حوالى ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين ، ومن الواضح أن مادة ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على جينات الفيروس .



(شكل ٢) تكاثر البكتيريوفاج

ومن المعروف أن DNA يدخل فى تركيبه الفوسفور (كما سنرى فيما بعد) الذى لايدخل عادة فى بناء البروتين ، كما أن البروتين قد يدخل فى تركيبه الكبريت والذى لايدخل فى تركيب DNA.

وقد استغل هرشى (Hershy) وتشيس (Chase) هذه الحقيقة فى إجراء تجربة هامة (شكل ٢) حيث قاما بترقيم DNA الفيروسى بالفوسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع، ثم سمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا وقاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع

والكبريت المشع فى داخل وخارج الخلايا البكتيرية ، وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسى تقريبا قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية ، بينما لم يدخل من بروتين الفيروس إلى البكتيريا إلا أقل من ٣٪ أى أن DNA الفيروسى هو الذى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة .

والاستنتاج من تجارب التحول البكتيرى والتجارب التى أجريت على الفاج هو أن الجينات على الأقل تلك الخاصة ببكتيريا الالتهاب الرئوى والفاج – تتكون من DNA.

لاحظ أننا قصرنا هذه الاستنتاجات على الكائنات الحية التى أجريت عليها التجارب. والسؤال التالى هو : هل كل الجينات عبارة عن DNA؟

والإجابة عن هذا السؤال بالنفى وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لايدخل DNA فى تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية فى هذه الفيروسات ، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث انها تكون جزءًا صغيرًا من صور الحياة ، وعلى ضوء الدراسات العديدة التى أجريت حتى الآن تأكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريبًا.

٣ - كمية DNA فى الخلايا :

هناك دليل مادى آخر على أن DNA هو المادة الوراثية فى حقيقيات النواة فعند قياس كمية DNA فى أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية ، بينما عند قياس كمية البروتين فى نفس الخلايا وجد أنها غير متساوية .

وعند مقارنة كمية DNA فى الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحى ، وجد أن كمية DNA فى الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة فى الخلايا الجسدية .

وحيث إن الفرد الجديد ينشأ عن اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذا يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية الموجودة فى الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف فى كل جيل بينما لايتفق هذا مع البروتين مما ينفى أن البروتين يعمل كمادة وراثية ومن جهة أخرى فإن البروتينات وجزيئات RNA يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار فى داخل الخلايا ، بينما يكون DNA ثابتًا بشكل واضح فى الخلايا .

تركيب DNA

منذ أوائل الخمسينيات من القرن الحالى أصبح هناك أدلة قوية تكفى لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية ، وانشغل العديد من الباحثين فى محاولة التعرف على تركيب جزىء DNA ووضع نموذج له. وأى نموذج يوضع لتركيب جزىء DNA لابد أن يأخذ فى الاعتبار المعلومات التالية التى انبثقت عن العديد من التجارب :

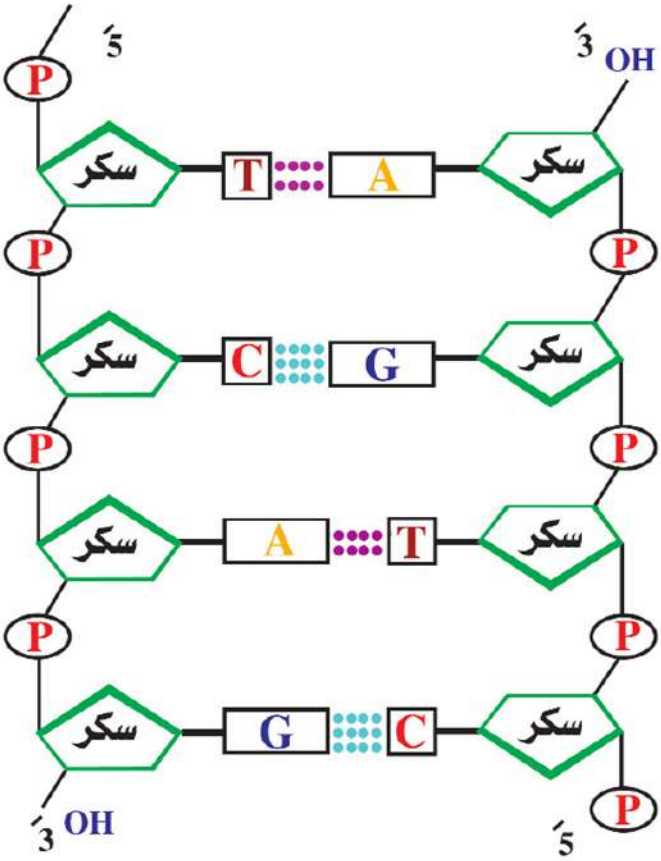
١ – يتكون DNA من النيوكليوتيدات ، وتتركب كل نيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات : سكر خماسى ديوكسى ريبوز (deoxyribose) فى حالة نيوكليوتيدات (DNA) ومجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة فى السكر وواحدة من القواعد النيتروجينية الأربعة ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى فى السكر الخماسى ، والقاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات البيريميدين Pyrimidine ذى الحلقة الواحدة ثايمين (T)Thymine أو سيتوزين (C) Cytosine، أو أحد مشتقات البيورين Purine ذو الحلقتين ، أدينين (A)Adenine أو جوانين (G)Guanine.

٢ - عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض فى شريط DNA فإن مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم 5´ فى سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم 3´ فى سكر النيوكليوتيدة التالية (شكل ٣) والشريط الذى يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكر فوسفات ، وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ فى السكر الخماسى عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم 3´ فى السكر الخماسى عند النهاية الأخرى ، أما قواعد البيورين والبيريميدين فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات .

٣ – فى كل جزيئات DNA يكون عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساوياً لتلك التى تحتوى على الثايمين ، وعدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية لتلك التى تحتوى على السيتوزين أى $G = C, A=T$.

٤- ولقد جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من الدراسات التى قامت بها فرانكلين (Franklin) حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X فى الحصول على صور لبللورات من DNA عالى النقاوة ، وفى هذه التقنية تمرر أشعة X خلال بللورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع نقط يعطى تحليلها معلومات عن شكل الجزىء . وفى عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صورا لبللورات من DNA عالى النقاوة . ولقد أوضحت نتائجها أن جزىء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب (helix) بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط ، كما وفرت هذه الصور دليلا على أن هيكل سكر فوسفات يوجد فى الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل . وعلاوة على ذلك فإن قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA.

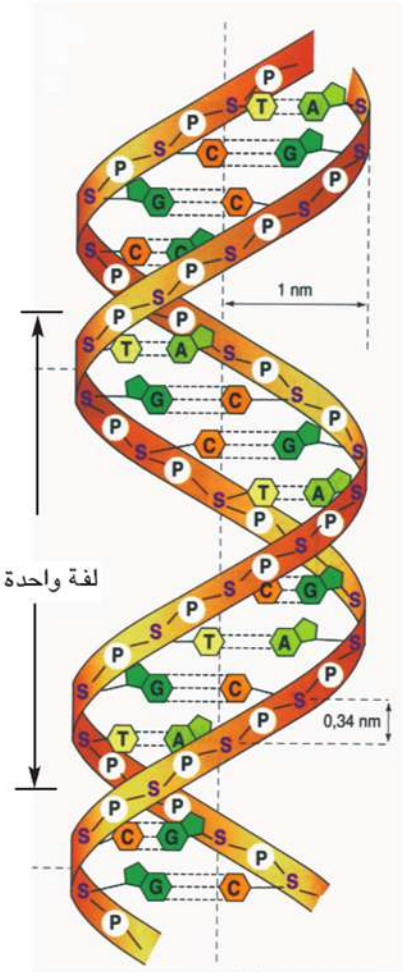
بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة فى صورة نموذج (model) لتركيب جزىء DNA ، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطسن وكريك (Watson & Crick) ويتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كالسلم حيث يمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبى السلم ، بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم (شكل ٣) .



(شكل ٣) تركيب DNA

ويتكون الدرج إما من الأدينين مرتبطًا بالثايمين، أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين ، وفى كل درج قد توجد أى من القواعد الأربع على أى من الشريطين، وترتبط أزواج القواعد النيتروجينية فى كل درج بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين ، بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (شكل ٣) وحيث إن كل زوج من القواعد النيتروجينية التى ترتبط ببعضها البعض يحتوى على قاعدة ذات حلقة واحدة ، وأخرى ذات حلقتين فإن عرض درجات السلم يكون متساويًا ويكون شريطا DNA على نفس المسافة من بعضها البعض على امتداد جزىء DNA

ولكى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجى القواعد النيتروجينية رأى واطسون وكريك أن شريطى جزىء DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم 5´ فى السكر الخماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين (شكل ٣).



شكل (٤) اللولب المزدوج

وأخيرًا فإن سلم DNA ككل يلتف (يجدل) بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات فى كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA ، وحيث إن اللولب (أو الحلزون) يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض ، فإن جزىء DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (شكل ٤) .

تضاعف DNA

قبل أن تبدأ الخلية فى الانقسام تتضاعف كمية DNA بها حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم ، ولقد أشار كل من واطسون وكريك إلى

أن تركيب الشريط المزدوج ذى القواعد المتزاوجة لجزىء DNA ، يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ، فحيث إن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة . فإن تتابع النيوكليوتيدات فى كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل ، فمثلاً إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية فى جزء من الشريط هو 3´... - C - C - T - A - A ...5´ فإن قطعة الشريط التى تتكامل معها يكون ترتيب قواعدها النيتروجينية 5´... - G - G - A - T - T ...3´ فإذا ما تم فصل شريطى DNA عن بعضهما البعض ، فإن أيا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه . ولقد قام العلماء بإجراء العديد من التجارب للتأكد من ذلك .

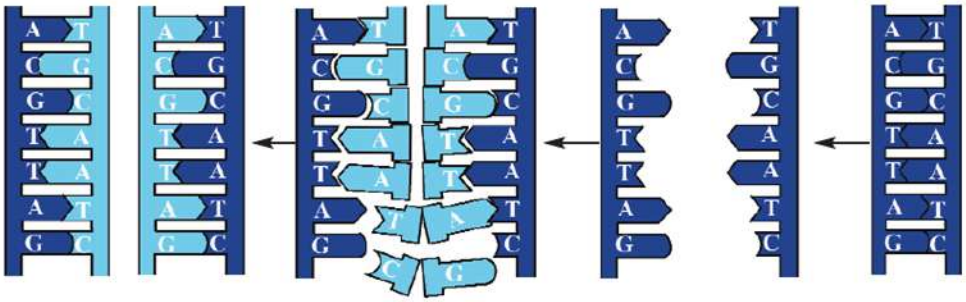
الإنزيمات وتضاعف DNA

يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات فى الخلية . ولكى يتم النسخ يتعين حدوث ما يلى :

١ – ينفك التفاف اللولب المزدوج .

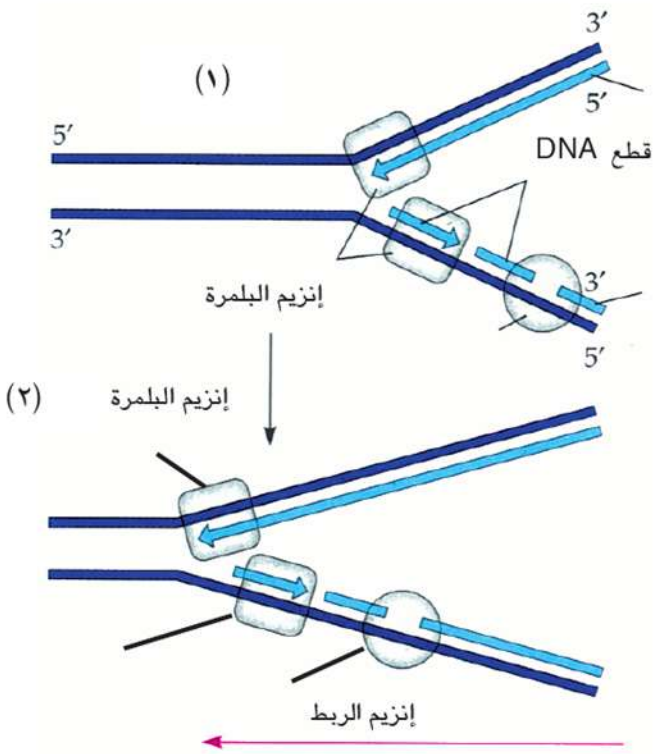
٢ – تقوم إنزيمات اللولب (DNA-helicases) بالتحرك على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة فى الشريطين وابتعادهما عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة.

٣– تقوم إنزيمات البلمرة (DNA-Polymerases) ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات واحدة بعد الأخرى إلى النهاية 3´ لشريط DNA الجديد ، ولكى يتم إضافة النيوكليوتيدة إلى الشريط الجديد لابد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية فى النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب (شكل ٥) .



شكل (٥) تضاعف DNA

ومن المعروف أن إنزيم البلمرة يعمل فى اتجاه واحد فقط من الطرف 5´ فى اتجاه 3´ للشريط الجديد الذى يجرى بناؤه ، ولقد سبق أن ذكرنا أن شريطى لولب DNA المزدوج متوازيان عكسيًا أى أن أحدهما يكون فى اتجاه 5´ إلى 3´ ، بينما الشريط المتزاوج معه يتوجه فى الاتجاه المعاكس أى فى اتجاه 3´ إلى 5´ ، وعلى ذلك فعندما يعمل إنزيم اللولب على فصل شريطى جزىء DNA يتم ذلك فى اتجاه النهاية 3´ لأحد الشريطين والنهاية 5´ للشريط الآخر . وبالنسبة للشريط القالب 3´–5´ ليست هناك مشكلة حيث إن إنزيم البلمرة يتبع إنزيم اللولب مباشرة مضيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية 3´ إلا أن ذلك لايحدث بالنسبة للشريط الآخر المعاكس . وذلك لأن انزيم البلمرة لا يعمل فى اتجاه 3´–5´ ، ولذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على شكل قطع صغيرة فى اتجاه 5´–3´ ، ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة إنزيم الربط (DNA ligase) (شكل ٦).



شكل(٦) تضاعف DNA

– ينتظم DNA فى حقيقيات النواة فى صورة صبغيات حيث يحتوى كل صبغى على جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر ، ويبدأ نسخ DNA عند اى نقطة على امتداد الجزىء.

أما فى أوليات النواة فإن جزىء DNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع بعض ، وهذا الجزىء يتصل بالغشاء البلازمى للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزىء DNA.

إصلاح عيوب DNA

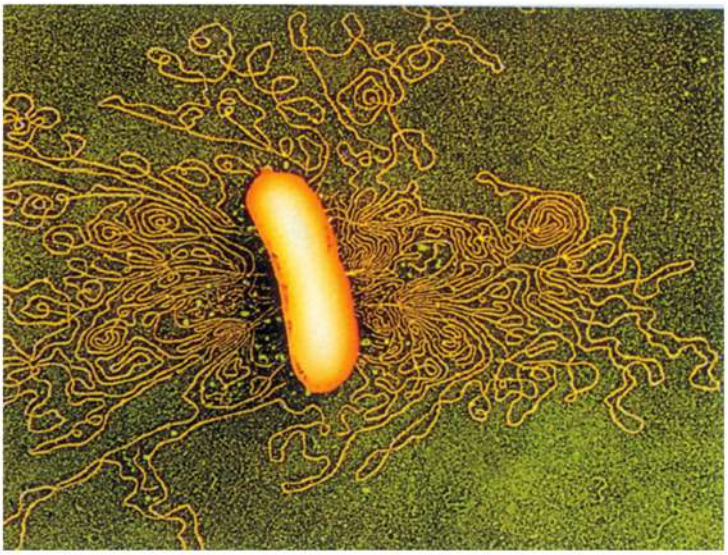
كل المركبات البيولوجية التى توجد على شكل بوليمرات (مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين ، والأحماض النووية) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية فى داخل الخلية ولايشذ DNA عن ذلك، حيث يقدر أن حوالى ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود فى الخلية البشرية . وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التى تربط السكريات الخماسية ، وبالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية ، وكذلك بالإشعاع، وأى تلف فى جزىء DNA يمكن أن يحدث تغييرًا فى المعلومات الموجودة به، مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية .

ومع ذلك ورغم أن هناك آلاف التغيرات التى تحدث لجزىء DNA كل يوم ، إلا أنه لا يستمر فى DNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا تغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام، أما الغالبية العظمى من التغيرات فتزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ إنزيمًا تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها إنزيمات الربط (DNA ligases) التى تعمل فى تناغم لتعرف المنطقة التالفة من جزىء DNA وإصلاحها حيث تستبدلها بنيوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل فى الجزء التالف .

ويعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطى اللولب المزدوج ، وطالما ظل أحد هذين الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وعلى ذلك فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث فى الشريطين فى نفس الموقع وفى ذات الوقت ، لكن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على صورة شريط مفرد من RNA ، ولذلك يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثى الذى ينشأ عن تلف فى شريط RNA ، وعلى ذلك فاللولب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثى للكائنات الحية التى يوجد بها .

DNA فى أوليات النواة

سبق أن ذكرنا أن DNA فى أوليات النواة يوجد على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معاً ، فإذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاى (Escherichia coli) على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى ١,٤ مم ، بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا إلى حوالى ٢ ميكرون ، ويلتف جزىء DNA البكتيرى الدائرى على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالى ٠,١ من حجم الخلية ، ويتصل هذا الجزىء بالغشاء البلازمى للخلية فى موقع أو أكثر (شكل ٧) .



شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكترونى فى أوليات النواة

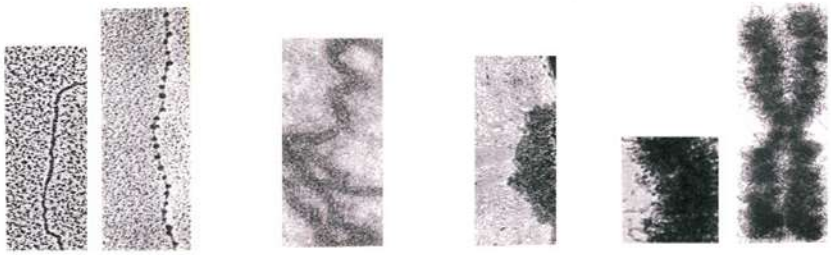
وبالإضافة إلى ما سبق، فإن بعض البكتيريا تحتوى على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم بلازميدات Plasmids تستخدم على نطاق واسع فى الهندسة الوراثية كما سنرى فيما بعد. وتضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها فى نفس الوقت الذى تضاعف فيه DNA الرئيسى بها، ويستغل العلماء هذا النشاط بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات.

وجزيئات DNA التى توجد فى الميتوكوندريا وفى البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقيات النواة) تشبه تلك الموجودة فى أوليات النواة ، كما ثبت وجود البلازميدات فى خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) وهى كلها جزيئات دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها . وذلك أحد الأسباب وراء الاعتقاد السائد بأن البلاستيدات الخضراء و الميتوكوندريا ربما قد نشأت كأوليات نواة متطفلة داخل خلايا حقيقيات النواة ثم استقرت بها بعد ذلك .

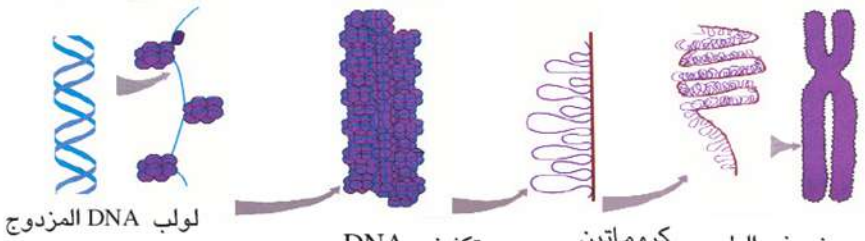
تركيب الصبغيات فى حقيقيات النواة

تظهر الصبغيات فى خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها ، ويعتقد أن كل صبغى يدخل فى تركيبه جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر إلا أنه يلتف ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونا ما يسمى بالكروماتين (Chromatin) والذى يحتوى عادة على كمية متساوية من كل من البروتين و DNA وتقسم البروتينات التى تدخل فى تركيب الصبغيات إلى بروتينات هستونية (histone) وغير هستونية (nonhistone) والبروتينات الهستونية مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة والتى تحتوى على قدر كبير من الحمضين القاعديين أرجنين (Arginine) وليسين (Lysine) ، وتحمل المجموعة الجانبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجينى pH العادى للخلية شحنات موجبة ، وعلى ذلك فهى ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات الموجودة فى جزىء DNA والتى تحتوى على شحنات سالبة ، وتوجد الهستونات بكميات ضخمة فى كروماتين أى خلية .

والبروتينات غير الهستونية مجموعة غير متجانسة من البروتينات ، وذات وظائف عديدة مختلفة فهى تشمل بعض البروتينات التركيبية (أى التى تدخل فى بناء تراكيب محددة) التى تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA فى داخل النواة ، كما تشمل بعض البروتينات التنظيمية التى تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا.



شكل (٨ أ) صورة ميكروسكوبية



شكل (٨ ب) شكل تخطيطى

تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على ٤٦ صبغى، فإذا تصورنا أنه أمكن فك اللولب المزدوج لجزىء DNA فى كل صبغى ووضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى ٢ متر ، والهستونات وغيرها من البروتينات هى المسئولة عن ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع فى حيز نواة الخلية والتى يتراوح قطرها من ٢ – ٣ ميكرون.

ولقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكترونى أن جزىء DNA فى الصبغى يلتف حول مجموعات من الهستون مكوناً حلقات من النيوكليوسومات (nucleosomes) (شكل ٨) مما يؤدى إلى تقصير طول جزىء DNA عشر مرات ، إلا أنه يتعين أن يضم الجزىء ويقصر حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة ، ولهذا فإن حلقات النيوكليوسومات تلتف مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ، ومع ذلك فإن كل ماسبق ليس بكاف لتقصير جزىء DNA إلى الطول المطلوب وأشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة ترتب على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية للكروماتين ، والكروماتين الملتف والمكدس بشكل كبير يشار إليه على أنه مكثف ، وعندما يكون جزىء DNA على هذه الحالة لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه ، ويتعين فك هذا الالتفاف والتكدس على الأقل إلى مستوى شريط من النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA.

تركيب المحتوى الجينى

يطلق على كل الجينات وبالتالى كل DNA الموجودة فى الخلية اسم المحتوى الجينى (genome) لهذا الفرد، ولقد تمكن الباحثون فى عام ١٩٧٧ من التوصل إلى طرق يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات فى جزيئات DNAوRNA مما وفر الأدوات للوصف الدقيق لترتيب الجينات داخل جزيئات DNA فى الخلية .

ولقد تعرضنا فيما سبق لأجزاء من المحتوى الجينى ، فالعديد من الجينات يحمل التعليمات اللازمة لبناء مركبات بروتينية ، والبعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة لتتابع النيوكليوتيدات فى جزىء RNA الريبوسومى الذى يدخل فى بناء الريبوسومات وفى RNA الناقل الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين ، وفى أوليات النواة تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجينى، أما فى حقيقيات النواة فإن أقل من ٧٠٪ من الجينات

يقوم بالوظائف السابقة . أما الباقى فهو غير معلوم الوظيفة ، ولقد تعرف الباحثون على العديد من أجزاء DNA التى لا تمثل شفرة لبناء RNA أو البروتينات وأطلقوا عليها العديد من الأسماء إلا أننا مازلنا فى حاجة إلى معرفة الكثير عن وظائفها .

DNA المتكرر :

توجد معظم جينات المحتوى الجينى فى الخلية بنسخة واحدة عادة ، إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومى والهستونات التى تحتاجها الخلية بكميات كبيرة، ومن المنطقى أن نفرض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات .

ولقد أظهرت دراسة تتابعات القواعد النيتروجينية فى DNA أن هناك العديد من التكرارات فى بعض التتابعات ومازال الدور الذى تلعبه هذه التكرارات غير واضح . فلقد وجد فى ذبابة الفاكهة مثلاً أن تتابع النيوكليوتيدات القصير التالى A-G-A-A-G يتكرر حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة فى منتصف أحد الصبغيات ، وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أى شفرة.

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة:

بالإضافة إلى الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ، فإن المحتوى الجينى لحقيقيات النواة يحتوى على كمية أخرى كبيرة من DNA لا تمثل شفرة ، فحتى قبل معرفة الطريقة التى يمكن بها دراسة تتابعات النيوكليوتيدات فى DNA لاحظ علماء الوراثة أن كمية DNA فى المحتوى الجينى ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحى ، أو عدد البروتينات التى يكونها ، ومن الواضح أن كمية صغيرة فقط من DNA فى كل من النبات والحيوان هى التى تحمل شفرة بناء البروتينات ، وعلى سبيل المثال وجد أن أكبر محتوى جينى يوجد فى حيوان السلمندر حيث تحتوى خلاياه على كمية من DNA تعادل ٣٠ مرة قدر الكمية الموجودة فى الخلايا البشرية مع أن هذا الحيوان تكون خلاياه بدون شك كمية أقل من البروتين .

وربما كان بعض DNA الذى ليست له شفرة يعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها ، كما اتضح أن بعض مناطق DNA تمثل إشارات إلى الأماكن التى يجب أن يبدأ عندها بناء (m- RNA) وهذه المناطق تعتبر هامة فى بناء البروتين .

الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة بأنها تغير مفاجئ فى طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة فى صفات معينة، مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات فى الكائن الحى ، وتعتبر الطفرة حقيقية إذا ظلت متوارثة على مدى الأجيال المختلفة ويجب التمييز بين الطفرة التى تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثى وبين التغيير الذى ينجم عن تأثير البيئة أو عن انعزال الجينات وإعادة اتحادها . وتؤدى أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها مثل بعض التشوهات الخلقية فى الإنسان ، وقد تؤدى الطفرة فى النبات إلى العقم مما ينتج عنه نقص فى محصول النبات .

وما ندر من الطفرات يؤدى إلى تغيرات مرغوب فيها لدرجة أن الإنسان يحاول بالطرق العلمية استحداثها ، ومن أمثلة ذلك طفرة حدثت فى قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكى ، فقد لاحظ ظهور خروف فى قطيعه ذى أرجل قصيرة مقوسة ،واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث إن هذا الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة ، وقد اعتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم أنكن Ancon ، ومن أمثلة الطفرات المرغوب فيها تلك التى يستحدثها الإنسان فى نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها .

أنواع الطفرات :

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما :

١ - الطفرات الجينية :

وتحدث نتيجة لتغير كيميائى فى تركيب الجين ، وعلى وجه التحديد فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى جزىء DNA ، مما يؤدى فى النهاية إلى تكوين إنزيم مختلف يظهر صفة جديدة ، ويصحب هذا التغيير فى التركيب الكيميائى للجين تحوله غالبا من الصورة السائدة إلى المتنحية ، وقد يحدث العكس فى حالات نادرة .

٢ - الطفرات الصبغية :

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين :

(أ) التغير فى عدد الصبغيات : يعنى ذلك نقص أو زيادة صبغى أو أكثر فى الأمشاج بعد الانقسام الميوزى ، كما فى حالتى كلينفلتر وتيرنر فى الإنسان ، حيث تحتوى الخلايا على صبغى واحد أو أكثر زائدا عن المجموعة فى الحالة الأولى ، ونقص صبغى فى الحالة الثانية . وقد يتضاعف عدد الصبغيات فى الخلية نتيجة لعدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير ، وعدم تكوين الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين فينتج التضاعف الصبغى (Polyploidy) وهذه الظاهرة قد تحدث فى أى كائن ، لكنها تشيع فى النبات ، فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التعدد الصبغى (٣ن،٤ن، ٦ن، ٨ن حتى ١٦ ن) ، وذلك عندما تتضاعف الصبغيات فى الأمشاج ، وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظرا لأن كل جين يكون ممثلا بعدد أكبر ، فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالى أكبر حجماً وبخاصة الأزهار والثمار . وتوجد حاليا كثير من المحاصيل والفواكه ذات التعدد الرباعى (٤ ن) ، ومنها القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفراولة وغيرها .

وفى الحيوان تقل هذه الظاهرة، ذلك لأن تحديد الجنس فى الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتى ليست لديها مشكلة فى تحديد الجنس، وفى الإنسان وجد أن التضاعف الثلاثى مميت ويسبب إجهاضا للأجنة، ومع ذلك فبعض خلايا الكبد والبنكرياس يحدث بها تعدد صبغى فى الإنسان.

(ب) التغير فى تركيب الصبغيات: يتغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما تنفصل قطعة من الصبغى أثناء الأنقسام، وتلف حول نفسها بمقدار ١٨٠°، ثم يعاد التحامها فى الوضع المقلوب على نفس الصبغى. كما قد يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما، أو يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى.

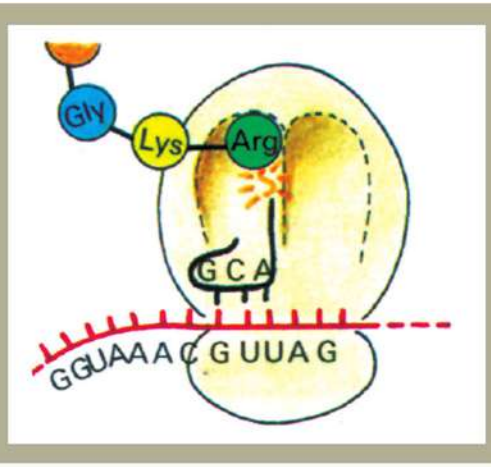
وجميع هذه الطفرات لو حدثت في الخلايا التناسلية فإن الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة، ويعرف هذا النوع بالطفرات المشيجية (gamete mutation)، وهى تتم فى الكائنات الحية التى تتكاثر تزاوجيًا، كما قد تحدث الطفرة فى الخلايا الجسمية، فتظهر أعراض مفاجئة على العضو الذى تحدث فى خلاياه الطفرة، ويعرف هذا النوع بالطفرة الجسمية ومعروف أنه أكثر شيوعًا فى النباتات التى تتكاثر خضريًا، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادى يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوبًا فيها.

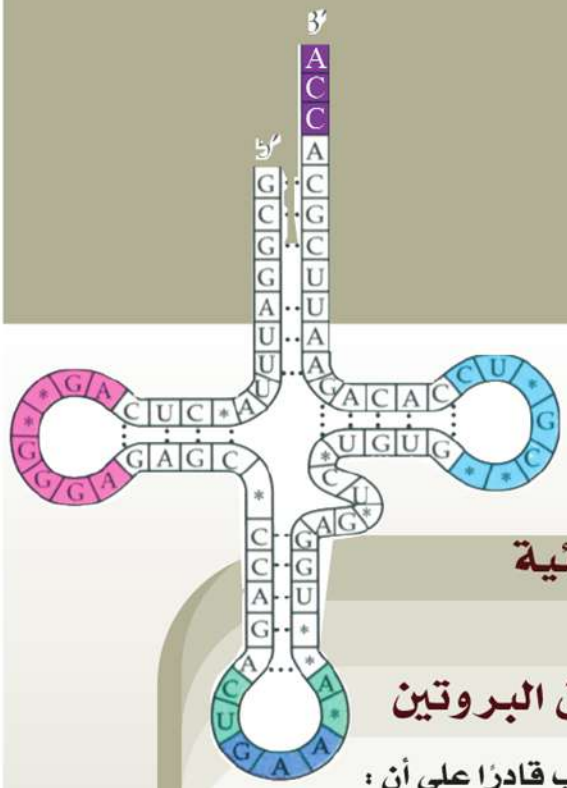
منشأ الطفرة:

الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة، وتنشأ الطفرة التلقائية دون تدخل الإنسان، ونسبتها ضئيلة جدًا فى شتى الكائنات الحية، ويرجع سبب حدوث الطفرة التلقائية إلى تأثيرات بيئية تحيط بالكائن الحى، كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية، هذا بالإضافة إلى المركبات الكيميائية المختلفة التى يتعرض لها الكائن الحى. وتلعب الطفرات التلقائية دورًا هامًا فى عملية تطور الأحياء.

أما الطفرات المستحدثة فهى تلك التى يستحدثها الإنسان ليحدث تغييرات مرغوبة فى صفات كائنات معينة، ويستخدم الإنسان فى ذلك العوامل الموجودة فى الطبيعة لهذا الغرض مثل أشعة أكس وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، كما قد يستخدم الإنسان بعض المواد الكيميائية كغاز الخردل (mustard gas) مادة الكولشيسين (Colchicine) وحامض النيتروز وغيرها. وتنتج عن هذه المعالجة فى النبات ضمور خلايا القمة النامية وموتها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة، تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

وأغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع، ومن أمثلتها تلك التى تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة، وطعم حلو المذاق وخالية من البذور، كما أمكن كذلك إنتاج طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية.





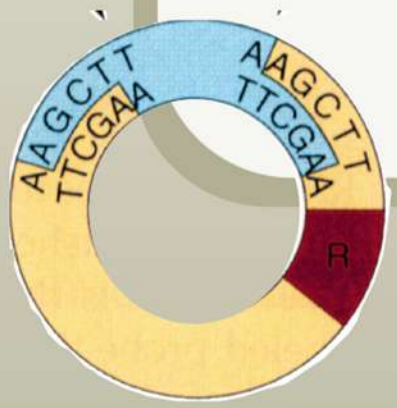
البيولوجية الجزيئية

الفصل الثانى

الأحماض النووية وتخليق البروتين

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أنواع البروتينات .
- يتعرف تركيب الحمض النووى RNA.
- يقارن بين أنواع الحمض النووى RNA الثلاثة (الريبوسومى - الناقل - الرسول).
- يتعرف الشفرة الوراثية .
- يتعرف خطوات تخليق البروتين .
- يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة .
- يتعرف مفهوم الجينوم البشرى وأهمية ذلك فى مجال صناعة العقاقير .
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها فى تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر .



تركيب وتخليق البروتين :

يوجد فى الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التى يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما :

١ - البروتينات التركيبية (Structural Proteins):

هى البروتينات التى تدخل فى تراكيب محددة فى الكائن الحى مثل الأكتين والميوسين اللذين يدخلان فى تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة ، والكولاجين الذى يدخل فى تركيب الأنسجة الضامة ، والكيراتين الذى يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.

٢ - البروتينات التنظيمية (Regulatory Proteins):

هى البروتينات التى تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحى ، وهى تشمل الإنزيمات التى تنشط التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية والأجسام المضادة التى تعطى الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة والهرمونات وغير ذلك من المواد التى تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر فى البيئة الداخلية والخارجية .

وهناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التى توجد فى الأنظمة الحية ، فهناك عشرون نوعًا من الوحدات البنائية للبروتين هى الأحماض الأمينية ، وللأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسى واحد حيث يحتوى كل حمض أمينى على مجموعة كربوكسيلية (COOH) ومجموعة أمينية (NH_2) يرتبطان بأول ذرة كربون . كما توجد ذرة هيدروجين تعتبر المجموعة الثالثة التى ترتبط بنفس ذرة الكربون ، وفيما عدا الحمض الأمينى جلايسين (Glycine) الذى يحتوى على ذرة

$$R - \underset{NH_2}{\overset{H}{C}} - COOH$$

حمض أمينى

هيدروجين أخرى مرتبطة بذرة الكربون الأولى فإن الأحماض الأمينية التسعة عشرة الباقية تحتوى على مجموعة رابعة هى ألكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأمينى .

وترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض فى وجود الإنزيمات الخاصة فى تفاعل نازع للماء بروابط ببتيدية (Peptide Bonds) لتكوين بوليمر (Polymer) عديد الببتيد الذى يكون البروتين.

وتعزى الفروق بين البروتينات المختلفة إلى الفروق فى أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات ، كما تعزى إلى عدد البوليمرات التى تدخل فى بناء البروتين بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية الضعيفة التى قد تعطى للجزىء شكله المميز ، وعملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات .

الأحماض النووية الريبوزية (RNA s)

تشبه جزيئات RNA جزىء DNA فى أنها تتكون من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات ، وتتكون كل نيوكليوتيدة من جزئ من سكر خماسى وقاعدة نيتروجينية ومجموعة من الفوسفات حيث ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكليوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ فى النيوكليوتيدة السابق ليتكون هيكل سكر فوسفات للحمض النووى . إلا أن كل أنواع RNA تختلف عن DNA فيما يلى :

١ – يدخل فى تكوين RNA سكر الريبوز (ribose) بينما يدخل فى تكوين DNA سكر الديوكسى ريبوز (deoxyribose) الذى يحتوى على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز ، ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid

٢ - يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات ، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج أى يتكون من شريطين متكاملين من النيوكليوتيدات ، وإن كان RNA قد يكون مزدوج الشريط فى بعض أجزائه .

٣ – يختلف RNA عن DNA بالنسبة للقواعد النيتروجينية فى نيوكليوتيدات كل منهما ، ففى DNA يوجد الأدينين والجوانين والسيتوزين والثايمين ، بينما يحتوى RNA على الأدينين

والجوانين والسيتوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلا من الثايمين الذى يزدوج مع الأدينين .
وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم فى بناء البروتين .
وسنتعرض فيما يلى للأدوار التى يلعبها كل منها فى بناء البروتين :

١ - حمض RNA الرسول (mRNA) :

تبدأ عملية نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-Polymerase) بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى المحفز (Promoter) ، بعد ذلك ينفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل احدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA، ويتحرك الإنزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط RNA النامى واحد تلو الآخر ، ويعمل الإنزيم فى اتجاه 3´ ← 5´ على قالب DNA مجمعاً RNA فى اتجاه 5´ ← 3´ وتشبه هذه العملية تضاعف DNA مع فرق رئيسى واحد هو أنه عندما يتم تضاعف DNA فإن العملية لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA فى الخلية ، أما فى حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA وحيث إن جزئ DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لآى جزء منه أن ينسخ إلى جزءين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين ، إلا أن ما حدث فى الواقع هو أن شريطاً واحداً فقط من DNA هو الذى يتم نسخ قطعة منه ، ويدل توجيه المحفز على الشريط الذى سينسخ ، ويوجد فى أوليات النواة إنزيم واحد من RNA-polymerase هو الذى يقوم بنسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة، أما فى حقيقات النواة فهناك إنزيم خاص بكل منها .وما أن يتم بناء mRNA فى أوليات النواة حتى يصبح على استعداد لعملية الترجمة ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الأخر للجزىء مازال فى مرحلة البناء على قالب DNA ، أما فى حقيقيات النواة فإنه يتعين بناء mRNA كاملاً فى النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل وعند بداية كل جزئ من mRNA يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجها إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة (شكل١).

أما عند الطرف الآخر mRNA فيوجد نهاية من عديد الأدينين (ذيل مكون من حوالى ٢٠٠

أدينوزين) ويظهر أن هذا الذيل يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم .

شكل (١) رسم تخطيطى لجزىء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

٢- حمض RNA الريبوسومى (rRNA) :

يدخل فى بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومى وحوالى ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد ، ويتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى منطقة من النواة تسمى النوية يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات فى الساعة ، ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكنا هو أن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى التى ينسخ منها rRNA ، وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين فى بناء الريبوسومات .

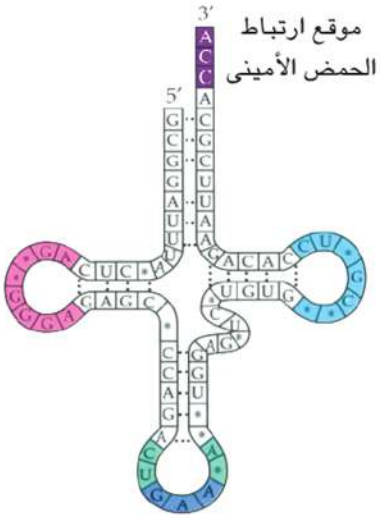
ويتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين (Subunits) ، إحداهما كبيرة والآخرى أصغر ، وعندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما وتتحرك كل منهما بحرية ، وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى ، ويتم بناء بروتينات الريبوسومات فى السيتوبلازم ، ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النواة حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدات الريبوسوم ، وأثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA و rRNA وإن كانت طبيعة هذا التداخل مازالت غير مفهومة حتى الآن .

٣- حمض RNA الناقل (tRNA) :

والنوع الثالث من RNA الذى يشارك فى بناء البروتين هو tRNA الذى يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات ، ولكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأمينى

وينقله (الأحماض الأمينية التى لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA)، وينسخ tRNA من جينات tRNA التى توجد عادة على شكل تجمعات من ٧ – ٨ جينات على نفس الجزء من جزىء DNA

ولكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام (شكل ٢)، حيث تلتف أجزاء من الجزىء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بإزدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء .



شكل (٢) الشكل العام لجزىء حمض RNA الناقل

– يوجد موقعان على جزىء tRNA لهما دور فى بناء البروتين، الموقع الأول هو الذى يتحد فيه الجزىء بالحمض الأميني الخاص به، ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3´ من الجزىء.

والموقع الآخر هو مقابل الكودون الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى سلسلة عديد الببتيد فى المكان المحدد .

الشفرة الوراثية The Genetic code

لقد قلنا – سابقًا – أن الشفرة الوراثية الممثلة فى ترتيب النيوكليوتيدات فى جزىء DNA يتم نسخها فى صورة تتابع مقابل للنيوكليوتيدات فى جزىء mRNA الذى يذهب إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يكون بروتينًا معينًا . والسؤال الآن : ماهو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أمينى ؟

من المعروف أن هناك عشرين حمضاً أمينيا مختلفاً تدخل فى بناء البروتينات وأن هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل فى بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك ، " فاللغة " الوراثية تحتوى

على أربع " حروف أبجدية " ، وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة " تدل كل منها على حمض أمينى معين ، ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعنى وجود أربع كلمات فقط على صورة شفرة هى A,G,C,U والبروتينات بذلك تحتوى على أربعة أحماض أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزءين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رتبت فى كل الاحتمالات الممكنة لاثنين معا تعطى $٤^{٢}$ =١٦ كلمة شفرة Codon مختلفة ، مازال غير كاف للعشرين حمضاً أمينيًا التى تدخل فى بناء البروتين ، أما إذا رتبت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج $٤^{٣}$ = ٦٤ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أمينى ، وعلى ذلك فأصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات .

وما إن حل عام ١٩٦٠ حتى توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى والتى يطلق عليها اسم كودونات قد تم الوصول إليه فى عام ١٩٦٥ ، وبعض هذه الكودونات موجودة فى جدول (رقم ١) مع ملاحظة أن الكودونات فى هذا الجدول هى التى توجد فى mRNA ، أما ثلاثيات شفرة DNA فهى النيوكليوتيدات التى تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة فى الجدول ، كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أمينى ، كما أن هناك كودونا لبدء البروتين (AUG) وثلاثة كودونات (UGA,UAA,UAG) توقف بناء البروتين أى أنها تعطى إشارة عن النقطة التى يجب أن تقف عندها ألية بناء البروتين وتنتهى سلسلة عديد الببتيد .

والشفرة الوراثية عالمية أو عامة (Universal) بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا والفطريات والنباتات والحيوانات التى تمت دراستها حتى الآن . وهذا دليل قوى على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة ، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين منذ ذلك الوقت .

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية				القاعدة الثالثة
	U	C	A	G	
U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cystenine	U
	UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C
	UUA Leucine	UCA Serine	UAA STOP	UGA STOP	A
	UUG Leucine	UCG Serine	UAG STOP	UGG Tryptophan	G
C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U
	CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C
	CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A
	CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G
A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U
	AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C
	AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A
	AUG(START) Methionine	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G
G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Asparagine	GGU Glycine	U
	GUC Valine	GCC Alanine	GAC Asparagine	GGC Glycine	C
	GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic acid	GGA Glycine	A
	GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic acid	GGG Glycine	G

جدول الشفرات (جدول رقم ١)
للإطلاع فقط

تخليق البروتين : Protein Synthesis

يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة (Sub unit) بجزىء mRNA الذى أول كودون به هو AUG ويكون متجهًا إلى أعلى، ثم تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزىء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأمينى ميثيونين (Methionine) أول حمض أمينى فى سلسلة عديد البيتيد التى ستبنى ، ثم ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق ، وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين (شكل ٣) ويوجد على الريبوسوم موقعان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA ونتيجة للأحداث السابقة فإن كودون

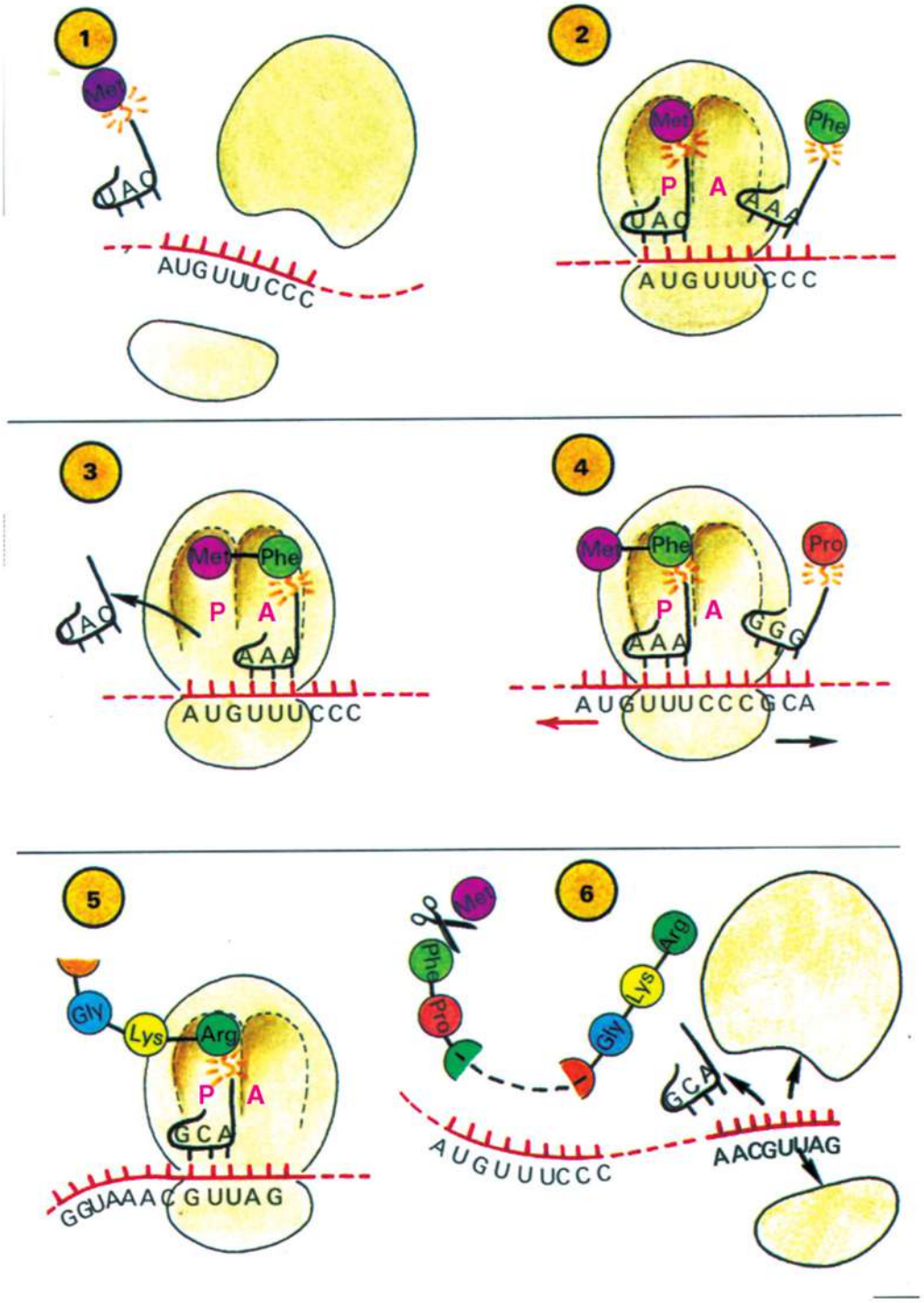
البدء AUG يكون عند أحد هذين الموقعين الذى يطلق عليه موقع الببتيديل (P) أما الموقع الآخر فيطلق عليه موقع أمينو أسيل (A) (amino-AcylA)، وتبدأ سلسلة عديد الببتيد فى الاستطالة فى دورة تتكون من ثلاث خطوات :

١ – يرتبط مضاد كودون tRNA أخر بالكودون التالى على جزئ mRNA ، وبالتالى يصبح الحمض الأمينى الذى يحمله هذا الجزىء tRNA الحمض الأمينى التالى فى سلسلة عديد الببتيد.

٢ – حدوث تفاعل نقل الببتيديل (Peptidyl transferase reaction) الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية ، والإنزيم الذى ينشط هذا التفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهذا الإنزيم يربط الحمض الأمينى الأول بالثانى برابطة ببتيدية، ونتيجة لذلك يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينا آخر، أما tRNA الثانى فيحمل الحمضين الأمينين معًا.

٣ – يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA ، وهذه العملية تأتى بالكودون التالى إلى الموقع P على الريبوسوم ، ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأمينى الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A ، وترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأمينى الجديد القادم على هذا الجزىء من tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع .

وتقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA وهناك بروتين يسمى عامل الإطلاق (Release Factor) يرتبط بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA ، وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض ، وما أن يبرز الطرف (5´) لجزئ mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى تبدأ بدورها بناء بروتين ، وعادة ما يتصل بجزىء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ، ويطلق عليه عندئذ عديد الريبوسوم (Polyribosome or polysome)



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين

التكنولوجيا الجزيئية
Molecular Technology

بعد التقدم فى معرفة تركيب الجين وكيفية تخليق البروتين ، أصبح من الممكن الآن عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه فى داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية ، كما يمكننا أن نحلل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فى هذا الجين ، كما يمكننا إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة ، ومعرفتنا عن تتابع النيوكليوتيدات فى الجين تمكننا من معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المقابل ، ولقد أمكن فى حالات كثيرة نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

ولقد أصبح الآن من الممكن بناء جزيئات DNA حسب الطلب، ففى عام ١٩٧٩ تمكن خورانا (Khorana) من إنتاج جين صناعى وأدخله إلى داخل خلية بكتيرية ، ويوجد الآن فى العديد من المعامل نظم جينية يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى نرغب فيه ، ويمكن استخدام DNA المبنى حسب الطلب فى تجارب تخليق البروتين ، فعن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أمينى بآخر يستطيع علماء الكيمياء الحيوية دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين .

والإنجازات السابقة هى نتاج التكنولوجيا الجزيئية والتى تعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engneering) وسنتناولها فيما يلى :

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية :

تهجين الحمض النووى :

- عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م تنكسر الروابط الهيدروجينية التى تربط القواعد المتزاوجة فى شريطى اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .
- وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى ، وأى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .

– تتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية ، ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطى النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى ، فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

ويمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلا فى إنتاج لولب مزدوج هجين (أو خليط)، وذلك بمزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً) ثم رفع درجة الحرارة إلى ١٠٠°م ، فعندما يسمح للخليط أن يبرد فإن بعض اللوالب المزدوجة الأصلية تتكون ، وسيتكون فى نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين .

استخدامات DNA المهجن :

١– يستخدم تهجين DNA فى الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجينى وكميته حيث يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة ، وتستخدم النظائر المشعة فى تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك ، ثم يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على وجود الجين فى الخليط بالسرعة التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة .

٢– يستخدم تهجين DNA فى تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة ، فكلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما .

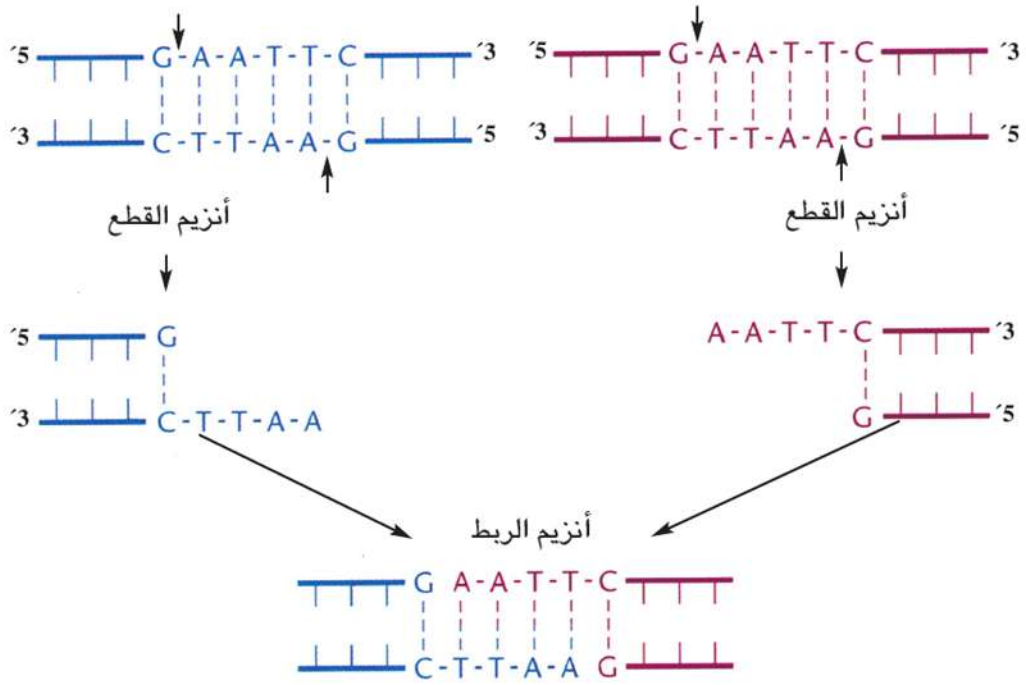
إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

كان من المعروف أن الفيروسات التى تنمو فى داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى ، وفى السبعينيات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه السلالات المقاومة من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزئ DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم إنزيمات القصر .

والسؤال الآن : لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية ؟

لقد وجد أن البكتيريا لكى تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة . حيث تضاف مجموعة ميثيل CH_3 إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيرى مقاومًا لفعل هذا الإنزيم .

ولقد اتضح أن انزيمات القصر منتشرة فى الكائنات الدقيقة ، كما تم فصل مايزيد على ٢٥٠ إنزيمًا من سلالات بكتيرية مختلفة، وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤ – ٧ نيوكليوتيدات ، ويقص الإنزيم جزىء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (شكل ٤) ، وتتابع القواعد النيتروجينية على شريطى DNA عند موقع القطع يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط فى اتجاه (3´) ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزئ DNA بغض النظر عن مصدره DNA فيروسى أو بكتيرى أو نباتى أو حيوانى ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف .



(شكل ٤) دور انزيمات القصر والقطع فى قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

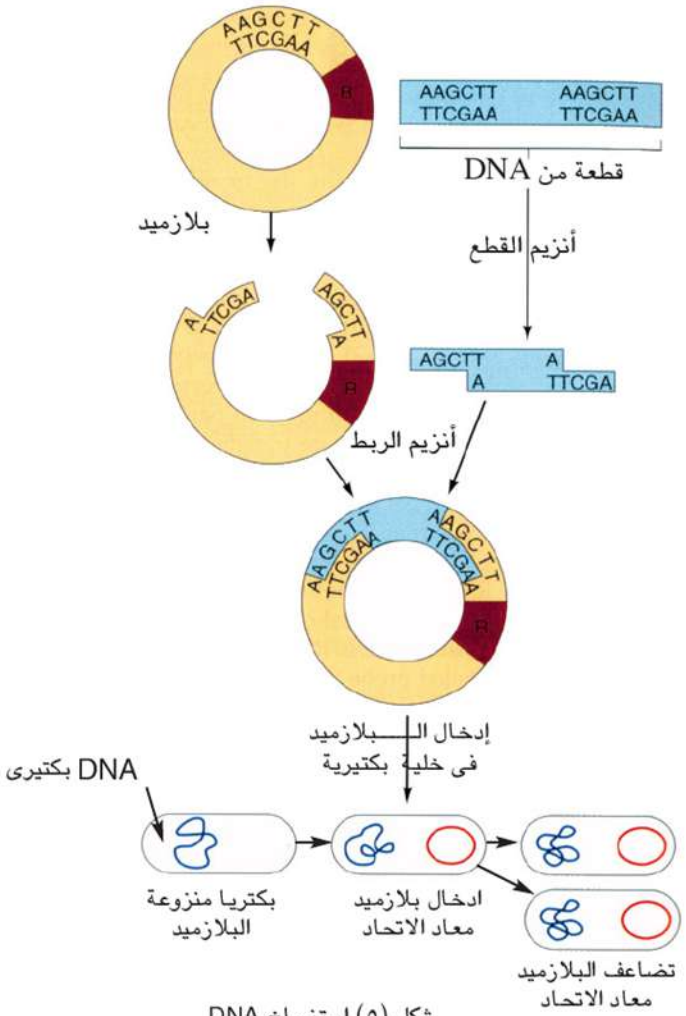
وتوفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها، كما أن العديد منها يكون أطرافا مائلة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردى الشريط يطلق عليها " الأطراف اللاصقة " لأن قواعدها تتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج عن استخدام نفس الإنزيم على أى DNA آخر ، (شكل ٤) ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط . وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزىء DNA بقطعة أخرى من جزئ آخر .

استنساخ تتابعات DNA

يقوم علماء البيولوجى بإنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA (شكل ٥) وذلك بلصقها بجزىء ما، يحملها إلى خلية بكتيرية ، وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد.

ولكى يلصق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاصقة ، وعندما يتم خلط الاثنين فإن بعض النهايات اللاصقة للبلازميد تتزاوج قواعدها مع النهايات اللاصقة للجين ، ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط .

بعد ذلك يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا ، أو خلايا



شكل (٥) إستنساخ DNA

الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها لـ DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا ، وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية ، بعد ذلك يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات . ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذى سبق استخدامه ، ثم يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المفرق ، وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعتها فى خلية أخرى .

وهناك طريقتان للحصول على قطع DNA لمضاعفتها : فإما أن يتم الحصول على المحتوى الجينى للخلية (فصل كمية DNA التى بها) ثم يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر، وبهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجينى لأحد الثدييات مثلا – على ملايين من قطع DNA يتم لصق هذه القطع ببلازميدات أو فاج لمضاعفتها . ويتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA المرغوب فى التعامل معه .

أما الطريقة الأخرى – وهى الأفضل – فتبدأ بالخلايا التى يكون فيها الجين الذى نود التعامل معه نشطًا مثل خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين والخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكون الهيموجلوبين ، ففى هذه الخلايا توجد كمية كبيرة منmRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات ، ويقوم الباحث بعزل هذا الحمض النووى واستخدامه كقالب لبناء DNA الذى يتكامل معه ، ويشبه ذلك تضاعف DNA إلى حد كبير ، ويطلق على الإنزيم الذى يقوم ببناء DNA على قالب من mRNA اسم إنزيم النسخ العكسى، وهذا الإنزيم توجد شفرته فى الفيروسات التى محتواها الجينى يتكون من mRNA ، حيث تستخدمه فى تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذى يرتبط بالمحتوى الجينى من DNA فى خلية العائل . وما أن ينتهى هذا الإنزيم من بناء شريط مفرد من DNA ، فإنه يمكن بناء الشريط المتكامل معه باستخدام إنزيم البلمرة ويمكن بعد ذلك مضاعفة هذا اللولب المزدوج من DNA

ويستخدم حالياً لمضاعفة قطع DNA جهاز (PCR) (Polymerase Chain Reaction) الذى يستخدم انزيم (taq polymerase) الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة ، ويستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة من مضاعفة قطع DNA آلاف المرات .

DNA معاد الاتحاد

لقد شهدت السنوات الأخيرة فيضاً من الإنجازات فى تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ، أى إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر ، ويتخيل بعض العلماء أنه قد يأتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب، وبذلك نزيل عنهم المعاناه ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى (من الواضح أن هذه قد تكون تكنولوجيا خطرة جداً لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى ، وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث فى هذا المجال)

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد :

أ - إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى . ففى عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر ، وكان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة . ومع أن الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا مازال مرتفع التكلفة إلا انه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى ، ومع تحسن طرق الإنتاج فإن الأنسولين البكتيرى قد يصير أقل تكلفة.

ب - توصل الباحثون كذلك إلى تكوين بكتيريا تحتوى على جينات الإنترفيرونات (Interferones) البشرية ، وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA مثل فيروس الانفلونزا وشلل الأطفال) وفى داخل جسم الإنسان تبنى الإنترفيرونات وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس.

ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة فى علاج بعض الأمراض الفيروسية (كبعض أنواع السرطان) وكان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا

البشرية ، ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، ولقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشرياً للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الأن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً ، إلا أن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مخيبة للأمال وذلك قد يعزى إلى مشاكل تقنية ، قد يمكن التغلب عليها فيما بعد.

جـ - تستخدم تقنية DNA معاد الاتحاد فى العديد من المجالات منها :

١ - تشخيص الخلل الوراثى إما قبل أو بعد الميلاد.

٢ - تشخيص الامراض المعدية مثل الالتهاب الكبد الوبائى.

٣ - تحضير لقاحات أكثر أمانا عن طريق تحضير عينة ضعيفة من مسبب المرض.

٤ - إنتاج مركبات كيميائية بتسخير بعض الكائنات الدقيقة.

٥ - إنتاج إنزيمات لاستخدامها فى صناعة الالبان بدلاً من تلك التى يحصل عليها من صغار الأبقار والجاموس بعد ذبحها.

٦ - التخلص من المخلفات العضوية الناشئة عن الصناعة.

وقد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة فى نباتات المحاصيل، كما أن هناك جهوداً كبيرة تبذل الأن فى محاولة عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية والتى تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها . وإذا أمكن زرع تلك الجينات فى نباتات محاصيل اخرى لاتستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتى تسهم بقدر كبير فى تلويث الماء فى المناطق الزراعية.

وفى النباتات والحيوانات الراقية تلصق الجينات التى يراد زراعتها بالعناصر المتنقلة بدلاً من البلازميدات، وهذا يعطى الجين فرصة أكبر للدخول فى المحتوى الجينى للخلية ويتم حالياً بشكل روتينى نقل الجينات إلى خلايا نامية فى مزارع الأنسجة.

ومازال الكثير من استخدامات الهندسة الوراثية مجرد أحلام إلا أن الأحلام سرعان ما تتحقق فلقد تمكن بعض الباحثين من زرع جين من سلالة من ذبابة الفاكهه فى جنين سلالة أخرى وقد تم زرع الجين فى خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية ، وعندما نمت الأجنة انتقل إليها الجين الذى أضفى على الأفراد الناتجة لون الياقوت الاحمر للعين بدلاً من اللون البنى كما قام فريق آخر من الباحثين بإدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان الى فئران من النوع الصغير حيث نمت هذه إلى ضعف حجمها الطبيعى بالإضافة إلى أن هذه الصفة انتقلت إلى نتائجها من الفئران وهناك مجموعة اخرى من الباحثين تمكنت من تنمية خلايا من البيتونيا والدخان المحتوية على جينات أدخلت عليها إلى نباتات كاملة وقد أوضحوا أن الجينات التى تم لصقها انتقلت إلى نتاج هذه النباتات خلال التكاثر التزاوجى

وعلى الجانب الآخر فإن هناك العديد ممن يعتريهم القلق مما قد يحدث فى حالة حدوث حادث مفاجئ فلو فرضنا أن هناك سلالة بكتيرية بها جين لإنتاج مادة سامة خطرة قد تم إطلاقها فى العالم فماذا سيحدث ؟ يرى بعض الناس ان احتمال حدوث ذلك ضئيل جداً . ومع أن البكتيريا المستخدمة فى تجارب DNA معاد الاتحاد هى E-coli التى تعيش فى أمعاء الإنسان. إلا أن السلالة المستخدمة فى التجارب لم تعش فى داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال، وقد تغيرت هذه البكتيريا بحيث أصبحت غير قادرة على الحياة إلا فى منازلها من أنابيب الاختبار.

الجينوم البشرى

فى الخمسينيات من القرن الماضى ، كان أفضل اكتشاف بيولوجى هو إثبات واطسون وكريك عام ١٩٥٣ أن الجينات عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووى DNA ، بعدها بدأ العلماء فى البحث عن الجينات وتوالت الاكتشافات ، وظهرت فكرة الجينوم ففى عام ١٩٨٠ كان عدد الجينات البشرية التى تعرف عليها العلماء حوالى ٤٥٠ جينا ،وفى منتصف الثمانينات تضاعف العدد ثلاث مرات ليصل إلى ١٥٠٠ جينا بعض هذه الجينات كانت المسببة لزيادة الكوليسترول فى الدم (أحد أسباب مرض القلب) وبعضها يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.

وتوصل العلماء إلى أن هناك ما بين ٦٠ – ٨٠ ألف جين فى الإنسان موجودة على ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للجينات باسم الجينوم البشرى، وقد تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

ترتب الكروموسومات حسب حجمها من رقم (١) إلى رقم (٢٣) ولا يخضع الكرموسوم (X) لهذا الترتيب ، فهو يلى الكرموسوم السابع فى الحجم ولكنه يرتب فى نهاية الكروموسومات ويحمل رقم (٢٣) ومن الجينات التى تم تحديدها على سبيل المثال ، جين البصمة والذى يقع على الكروموسوم الثامن، وجينات فصائل الدم تقع على الكروموسوم التاسع ، والجين المسئول عن تكوين الأنسولين والجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين يقعان على الكروموسوم الحادى عشر وجين العمى اللونى وجين الهيموفيليا (سيولة الدم) يقعان على الكروموسوم (X)

وباستمرار البحث فى الجينوم البشرى ومعرفة تركيبه ، سنتمكن من تحديد هوية كل من الجينات التى تصنع الإنسان.

ويستفاد من الجينوم البشرى فى:

١– معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة .

٢– معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

٣– الاستفادة من الجينوم البشرى فى المستقبل فى مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

٤– دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥– تحسين النسل من خلال تعرف الجينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

يمكننا الآن ومن خلال شعره أو حيوان منوى أن نحدد بدقة كل خصائص وصفات أى إنسان يعيش على الأرض ، فيمكن من خلال الجينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجه.

سقوط شعرة من رأسك ستفشى كل معلوماتك الوراثية . ويعرف الآخرون...من أنت!

أسئلة

س١: اختر الإجابة الصحيحة :

١- عند قياس نسبة القواعد النيتروجينية لحمض نووى فى كائن حى معين كانت النسبة كالآتى

C = 31% G= 23% A = 20% T = 26%

هذا الحمض النووى يكون:

أ- DNA لولب مزدوج ب-DNA شريط مفرد

جـ-tRNA د-rRNA

٢- تكون المادة الوراثية RNA فى :

أ-الفئران ب-القمح جـ-فيروس الإيدز د-البكتريوفاج

٣-الكودون هو ثلاث نيوكليوتيدات متتالية على:

أ-DNA ب-mRNA جـ- tRNA د-rRNA

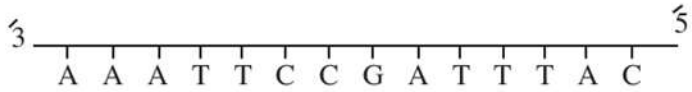
٤-إذا كانت الشفرة ثلاثية فالاحتمالات المختلفة لكودونات الأحماض الأمينية تكون

أ-$٣^{٣}$ ب-$٤^{٣}$ جـ-$٣^{٤}$ د-$٤^{٢}$

٥-عديد ببتيد يتكون من ٢١ حمض امينى ، أقل عدد من النيكلوتيدات المكونة mRNA تكون:

أ- ٢١ ب-٤٢ جـ-٦٣ د-٦٩

س٢: هذا الشكل يوضح جزء من شريط DNA



أ-اكتب تتابعات الشريط المتكامل معه.

ب-اكتب تتابعات . mRNA

جـ-احسب نسبة $\frac{A+C}{T+G}$ من اللولب المزدوج

س٣: جين (X) يتكون من ١٥٠ زوج من النيكلوتيدات ، كم عدد الأحماض الأمينية التى تدخل فى تكوين البروتين الناتج؟

س٤: بتحليل المادة الوراثية للفيروس أعطى النتائج التالية الخاصة بنسبة القواعد النيتروجينية به

A=18%　　C=32%　　U=18%　　G=32%

ما نوع الحمض النووى الذى يملكه هذا الفيروس؟ولماذا؟

س٥: فى البكتيريات تم عملية النسخ وعملية الترجمة فى آن واحد ، بسبب عدم وجود غشاء نووى يحيط بالمادة الوراثية.

أ-العبارتان صحيحتان وتوجد علاقة بينهما.

ب-العبارتان صحيحتان ولا توجد علاقة بينهما.

جـ-العبارتان خاطئتان.

د-العبارة الأولى صحيحة والثانية خاطئة.

هـ-العبارة الأولى خاطئة والثانية صحيحة.

س٦: أى من العبارات التالية غير صحيح، ولماذا؟

١- لا تلتحم تحت وحدتى الريبوسوم إلا أثناء ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل.

٢- تتم عملية ترجمة mRNA من خلال ريبوسوم واحد فقط.

٣- تملك الميتوكوندريا والريبوسومات DNA .

٤- عدد أنواع tRNA يساوى عدد أنواع العشرين حمض أمينى.

٥- الجين هو عبارة عن البروتين الذى يحدد ظهور الصفة الوراثية.

س٧: علل لما يأتى:

١-شريط DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر.

٢-تلعب إنزيمات الربط دورا هاما فى الثبات الوارثى للكائنات الحية.

٣-المحتوى الجينى للسلمندر يعادل ٣٠ مرة المحتوى الجينى للإنسان، ومع ذلك يعبر عن عدد أقل من الصفات.

٤-قدرة بعض البكتيريا على تحليل DNA الفيروسى .

٥-وجود شفرة أنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى RNA.

٦- تعتبر الشفرة الوراثية دليلا على حدوث التطور.

٧- الفيروسات سريعة الطفرات.

٨- يتم بناء الآف من الريبوسومات فى الساعة .

٩- لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين على mRNA إلى أحماض أمينية .

١٠- تختلف البروتينات رغم تشابه الوحدات البنائية لها.

س٨: ما المقصود بكل من:

البلازميد- عديد الريبوسوم - عامل الاطلاق - الجينوم البشرى -الشفرة الوراثية - مضاد الكودون -كودون البدء - كودون الوقف.

س٩: اختر من العمود (ب) ما يناسب عبارات العمود (أ):

(أ)	(ب)
١- أنزيم ديوكس ريبونيوكليز	أ-يعمل على اصلاح عيوب DNA
٢- أنزيم اللولب	ب-يفصل شريطى DNA عن بعضهما
٣- أنزيم بلمرة DNA	جـ-يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا
٤- أنزيم النسخ العكسى	د-يعمل على كسر DNA فى أماكن محددة
٥- أنزيمات الربط	هـ-يضيف نيوكلوتيدات جديدة فى اتجاه ٣
٦- أنزيمات القصر	و-ينسخ mRNA من DNA
٧- أنزيم بلمرة RNA	ز- ينسخ DNA منRNA

س١٠: قارن بين:

أ-نيوكلوتيدة DNA ، ونيوكليوتيدة RNA

ب-DNA فى أوليات النواه وDNA فى حقيقيات النواه.

جـ-البروتينات التركيبية والبروتينات التنظيمية.

د-DNA المهجن و DNA معاد الاتحاد.

س١١: تمت معظم الدراسات الخاصة بكشف مادة الوراثة الحقيقية باستخدام الفيروسات والبكتيريا ، فسر إحدى هذه التجارب التى استخدم فيها الفيروس والبكتيريا لاثبات أن مادة الوراثة هى DNA وليس البروتين .

س١٢: ما أهمية الجينوم البشرى؟

س١٣: وضح باختصار خطوات تكوين البروتين بدأ من نسخ المعلومات الوراثية.

"ينبغى أن تكثر اتهامك لنفسك ولا تحسن الظن بها وتعرض خواطرك على العلماء وعلى تصانيفهم وتتثبت ولاتتعجل؛ فالعالم الحق من يضع لبنة فى بناء العلم العظيم".

موفق الدين البغدادى

"كفى بالعلم شرفا أن كلا يدعيه، وكفى بالجهل ضيعة أن الكل يتبرأ منه. والإنسان إنسان بالخلقة إذا لم يعلم. فإذا علم كان إنسانا بالفعل والإنسان يحترم الإنسان بقدر ما يملكه من معرفة وعلم. وتزداد قيمته إذا مارس مهنة التعليم والتأليف".

داود الإنطاكى

"وأما ما يجب للأستاذ على التلميذ فهو أن يكون التلميذ لينا متقبلا لجميع أقواله من جميع جوانبها. لايعترض فى أمر من الأمور فأن ذخائر الأستاذ العلم ولايظهرها للتلميذ إلا عند السكون إليه.
ولست أريد بطاعة التلميذ للأستاذ أن تكون طاعته فى شئون الحياة الجارية بل أريدها طاعة فى قبول تعلم الدرس وترك الأشغال وعلى الأستاذ أن يمتحن توجيه المتعلم ومقدار ما فيه من القبول والإصغاء وقدرته على القبول وممارسته . وكلما احتمل الزيادة زاده. ومع امتحانه فيما كان مقرر تعلمه".

جابر بن حيان

"لتلقين شر طرائق التعليم وخير طرائق التعليم أن أحرك تفكير تلميذى فى قضية ما وأترك له حرية السؤال .. وأجهد فكره ليصل بنفسه إلى الجواب ومع كل جواب أو افقه على جوابه أو أعترض عليه إلى أن أميل به إلى الجواب المنشود بالعقل والمنطق وبالوقائع وبالحجة والبرهان".

أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندى

"حياة قصيرة غنية بالعلم والمسرة والعمل خير عندى من حياة طويلة خاوية من هذه المتع الثلاث ينحنى فى خاتمتها الظهر ويسير صاحبها على ثلاث. ولاينبغى لعالم أن يبقى شيئا من العلم فى نفسه ولايدونه فى كتاب قبل أن يلقى وجه ربه".

أبو على الحسين بن سينا

"اللهم إنك تعلم أني عرفتك على مبلغ إمكانى فاغفر لى فإن معرفتى إياك وسيلتى إليك".

غياث الدين أبو الفتح عمر الخيام

إخراج وتنفيذ
المركز الإسكندرانى للعلوم

مطابع روز اليوسف